



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v11i4.4581>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

Development of a talking map web application for the management of health centers

Desenvolvimento de uma aplicação web de mapas interativos para a gestão de centros de saúde

Noralma Lucio ^I

noralma.lucio@unach.du.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6751-8803>

Gonzalo Allauca ^{II}

gallauca@unach.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-7342-8142>

Lourdes Paredes ^{III}

lparedes@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5331-2759>

Correspondencia: noralma.lucio@unach.du.ec

***Recibido:** 23 de septiembre de 2025 ***Aceptado:** 14 de octubre de 2025 *** Publicado:** 10 de noviembre de 2025

- I. Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.
- II. Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.
- III. Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.

Resumen

La presente investigación se enfocó en el desarrollo de una aplicación web Mapa Parlante en el Centro de Salud del Chambo de la Provincia de Chimborazo de Ecuador para la gestión de factores de riesgo siendo estos: grupos vulnerables, grupos prioritarios, riesgos biológicos, socioeconómicos y sanitario ambiental, mediante la visualización gráfica geoespacial de datos obtenidos de la Ficha Familiar de cada uno de los pacientes. La metodología ágil SCRUM guió el proceso de desarrollo de software, empleando una arquitectura cliente-servidor con microservicios para garantizar eficiencia y adaptabilidad, se utilizan herramientas tecnológicas como PostgreSQL, Nest.js en el backend y Angular junto con Tailwind CSS para el desarrollo del frontend, así como Geoserver y OpenLayers para la gestión de datos geoespaciales y la interactividad del mapa parlante, mientras que Bing Maps y Openrouteservice para acceso a mapas detallados y servicios de enrutamiento. Se evalúa la usabilidad de la aplicación en base al modelo ISO/IEC 25010 empleando un enfoque cuantitativo y utilizando un cuestionario aplicado a profesionales de la salud se obtienen los siguientes resultados de los indicadores de aprendizabilidad (92.56 puntos), operabilidad (93.54 puntos), protección contra errores de usuario (93.54 puntos) y estética de la interfaz (94.00 puntos); concluyendo que la aplicación web es altamente usable. Este enfoque ágil, combinado con la tecnología seleccionada, culminó en una aplicación funcional, dinámica y altamente interactiva.

Palabras Claves: Aplicaciones Web; Mapa Parlante; Centros Salud; Geoserver; Usabilidad.

Abstract

This research focused on the development of a Talking Map web application at the Chambo Health Center in the Chimborazo Province of Ecuador. The application aims to manage risk factors, including vulnerable groups, priority groups, biological, socioeconomic, and environmental health risks, through the geospatial visualization of data obtained from each patient's Family Record. The SCRUM agile methodology guided the software development process, employing a client-server architecture with microservices to ensure efficiency and adaptability. Technological tools such as PostgreSQL and Nest.js were used for the backend, and Angular with Tailwind CSS for the frontend. Geoserver and OpenLayers were used for geospatial data management and the interactivity of the talking map, while Bing Maps and OpenRouteService provided access to detailed maps and routing services. The application's usability was evaluated based on the ISO/IEC 25010 model using a quantitative approach. A questionnaire administered to healthcare professionals yielded the following

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

results for the indicators of learnability (92.56 points), operability (93.54 points), protection against user errors (93.54 points), and interface aesthetics (94.00 points), leading to the conclusion that the web application is highly usable. This agile approach, combined with the selected technology, resulted in a functional, dynamic, and highly interactive application.

Keywords: Web Applications; Talking Map; Health Centers; Geoserver; Usability.

Resumo

Esta investigação centrou-se no desenvolvimento de uma aplicação web de Mapa Falante no Centro de Saúde de Chambo, na Província de Chimborazo, Equador. A aplicação visa gerir fatores de risco, incluindo grupos vulneráveis, grupos prioritários e riscos biológicos, socioeconómicos e ambientais para a saúde, através da visualização geoespacial dos dados obtidos do Registo de Saúde Familiar de cada paciente. A metodologia ágil SCRUM orientou o processo de desenvolvimento do software, empregando uma arquitetura cliente-servidor com micro-serviços para garantir a eficiência e adaptabilidade. Foram utilizadas ferramentas tecnológicas como o PostgreSQL e o Nest.js para o backend, e o Angular com Tailwind CSS para o frontend. O Geoserver e o OpenLayers foram utilizados para a gestão de dados geoespaciais e a interatividade do mapa falante, enquanto o Bing Maps e o OpenRouteService forneceram acesso a mapas detalhados e serviços de encaminhamento. A usabilidade da aplicação foi avaliada com base no modelo ISO/IEC 25010, utilizando uma abordagem quantitativa. Um questionário aplicado a profissionais de saúde apresentou os seguintes resultados para os indicadores de facilidade de aprendizagem (92,56 pontos), operacionalidade (93,54 pontos), proteção contra erros do utilizador (93,54 pontos) e estética da interface (94,00 pontos), levando à conclusão de que a aplicação web é altamente utilizável. Esta abordagem ágil, combinada com a tecnologia selecionada, resultou numa aplicação funcional, dinâmica e altamente interativa.

Palavras-chave: Aplicações Web; Mapa Falante; Centros de Saúde; Geoservidor; Usabilidade.

Introducción

Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) desempeñan un papel trascendental en el ámbito de la salud, ofreciendo una serie de beneficios que abarcan desde el acceso hasta la eficacia, eficiencia y generación de conocimiento [1]. No obstante, es crucial destacar que su impacto va más allá de estos aspectos tangibles. La Organización Mundial de la Salud (OMS) subraya la importancia de aprovechar plenamente el potencial de las TIC, y un ejemplo destacado es el empleo de sistemas

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

de información geográfica (SIG). Estos sistemas, compuestos por hardware, software y procedimientos, tienen como objetivo resolver problemas de gestión y planificación en el ámbito de la salud [2]. Su capacidad para representar información mediante mapas parlantes visuales en forma de geoportales se convierte en una herramienta esencial en el sector sanitario, permitiendo, por ejemplo, la visualización de la distribución de enfermedades y la geolocalización de centros de salud y de pacientes. En este contexto, la valoración de los mapas como guías cognitivas y representaciones gráficas de territorios adquiere una relevancia aún mayor. La evolución de los mapas hacia la categoría de "mapas parlantes" destaca su papel esencial en la cartografía de la salud. Estos mapas, al capturar no solo las representaciones visuales de territorios, sino también elementos temporales clave (pasado, presente y futuro), se erigen como guías cognitivas que fortalecen la identidad comunal y desempeñan un papel crucial en la toma de decisiones fundamentada en salud [3]. Los servidores de mapas en línea, particularmente GeoServer, desempeñan un papel crucial al proporcionar esta infraestructura pues adopta estándares abiertos, como el Web Map Service (WMS), y garantiza la interoperabilidad [4]. Su integración con tecnologías web amplía la accesibilidad y colaboración en la gestión de información geográfica en el sector de la salud, respaldando la toma de decisiones informada [3]. Dentro del contexto del desarrollo del sistema Mapa Parlante, la capacidad de GeoServer para generar mapas de manera dinámica y su integración con tecnologías web permiten una mayor accesibilidad y colaboración en la gestión de la información geográfica en el ámbito de la salud.

En Ecuador, los profesionales de la salud pública llevan a cabo visitas domiciliarias mediante brigadas de salud para atender integralmente a comunidades alejadas, ofreciendo servicios que abarcan desde la atención curativa hasta la promoción de la salud y la entrega de insumos definidos por el Ministerio de Salud Pública [5]. Este enfoque, centralizado en el Modelo de Atención Integral en Salud (MAIS), implica un intercambio de información entre el equipo de salud y las familias, permitiendo conocer aspectos como la situación familiar, el entorno y sus recursos [5]. En este contexto, la presente investigación desarrolló una aplicación con acceso web mapa parlante diseñada para el Centro de Salud Chambo de la provincia de Chimborazo. Este enfoque permitirá gestionar factores de riesgo, como grupos vulnerables, grupos prioritarios, riesgos biológicos, socioeconómicos y ambientales, mediante la representación geoespacial de datos de las fichas familiares para finalmente evaluar la usabilidad de la aplicación mediante el modelo de calidad ISO/IEC 25010.

METODOLOGÍA

Esta investigación se desarrolló con un enfoque cuantitativo, donde la evaluación de la usabilidad del sistema web Mapa Parlante se realizó conforme a los indicadores definidos por el modelo de calidad ISCO/EC 250100 como aprendizabilidad, operabilidad, protección contra errores de usuario y estética de la interfaz. Se analizaron metodologías y herramientas para la representación del Mapa Parlante en el Centro de Salud Chambo, la investigación se apoya en la revisión documental durante la fase teórica y elaboración del documento, obteniendo la información de: libros, artículos científicos, publicaciones, tesis, revistas, etc. Para la implementación de la aplicación web se utilizó la metodología ágil de software SCRUM, garantizando un enfoque ágil y trabajo en equipo con una estrecha colaboración con el cliente, aplicando buenas prácticas que permiten mejoras continuas y aceptan los cambios que puedan surgir en distintas etapas [12]. El enfoque cuantitativo abordado fue experimental para lo cual se utiliza como instrumento una encuesta que ha sido fundamental para obtener conclusiones estadísticas que permitan recopilar información procesable, para determinar el grado de usabilidad de la aplicación web Mapa Parlante por parte la población definida para la investigación (trece profesionales de la salud del centro de salud del cantón Chambo) que utilizaran la misma. El diseño de la investigación define como variable independiente “Aplicación con acceso web Mapa Parlante” sobre la variable dependiente “Usabilidad de la aplicación”.

Técnicas e Instrumentos de recolección de datos. - Se utilizó la encuesta en forma de un cuestionario cerrado como técnica de recolección de datos para obtener información directamente de los usuarios finales de la aplicación para conocer el grado de usabilidad del sistema. Como instrumento de recolección de datos se utilizó Google Forms.

Población de estudio y tamaño de muestra.- La población de estudio en esta investigación incluye a 13 profesionales de la salud del Centro de Salud Chambo. Dado que esta población se considera finita y al contar con menos de 50 individuos, se optará por una estrategia que aprovecha la totalidad de la población en lugar de aplicar un muestreo. La selección de la muestra se realizará de manera no probabilística intencional.

Métodos de análisis y procesamiento de datos.- Posterior a la evaluación de usabilidad utilizando una encuesta cerrada se evaluó la métrica de calidad de la ISO/IEC 25010, para analizar los datos recolectados se utilizó gráficos estadísticos, permitiendo una interpretación detallada de los valores

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

obtenidos en indicadores específicos como: aprendizabilidad, operabilidad, protección contra errores de usuario y estética de la interfaz de usuario.

PROCEDIMIENTO

Investigación de metodologías y herramientas para la representación del Mapa Parlante y generación de una tabla de decisión para la posterior implementación de la aplicación con acceso web.

Implementación de la aplicación con acceso web Mapa Parlante en el Centro de Salud Chambo utilizando la metodología Scrum.

Definición de los requisitos de software

Instalación y configuración de sistemas operativos, servidores, herramientas y tecnologías a utilizar.

Diseño e implementación de la base de datos la cual está compuesta por las siguientes tablas:

- `brigada_eai`: Enfocada en la gestión de las brigadas de los equipos integrales de salud, permitiendo la creación y actualización de estado (activo, inactivo) de cada brigada.
- `profesional`: Enfocada en el ingreso y actualización del estado (activo, inactivo) de los profesionales de salud de la institución.
- `profesion`: Ingreso de tipo de profesiones que estén disponibles en la institución.
- `info_eai`: Permite el ingreso de información de las zonas que subdivide el mapa correspondiente a Chambo.

Implementación del escenario de desarrollo e instalación y configuración del sistema operativo Windows 10 Pro en el cual se implementó:

- Sistema gestor de base de datos PostgreSQL para almacenar la base de datos llamada `dbMapaParlante`.
- IDE de desarrollo Visual Code
- Servidor `node.js`, dentro del cual se ejecuta el framework de Nest con el lenguaje de programación TypeScript para el funcionamiento del backend.
- Angular para trabajar el frontend con el lenguaje de programación TypeScript, además incorporación de OpenLayers.
- Apache Tomcat dentro del cual se despliega Geoserver.

Integración con otros servicios

- Se integró el API de Bing Maps para la visualización de mapas.
- Se implementó el API de Openrouteservice para la planificación de rutas.

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

Pruebas y lanzamiento

- Creación de la base de datos en PostgreSQL
- Instalación y configuración de herramientas de servidores, Bitwise SSH Client
- Construcción de la aplicación de Node.js
- Subir a producción el server App Node.js
- Construcción de la aplicación de Angular
- Subir a producción la web app Angular
- Configurar sistema operativo Windows Server 2016 en el cual se implementó y configuró el servicio de Apache Tomcat que va a desplegar Geoserver.

Capacitación a los usuarios finales del centro de salud de Chambo

Evaluar la usabilidad a través de la aplicación de una encuesta en el Centro de Salud Chambo.

Análisis y resultados.

Desarrollo de la propuesta

La Tabla 1 presenta de manera detallada los requerimientos funcionales necesarios para el desarrollo de la aplicación.

Tabla 1. Requerimientos funcionales

Código	Descripción del Requerimiento
RF-01	Las aplicaciones contarán con seis tipos de usuarios: el administrador y 5 usuarios EAIS (Equipo de Atención Integral en Salud)
RF-02	Las aplicaciones dispondrán de los siguientes roles: administrador, usuario EAIS, donde el administrador es el encargado del control del sistema con todos los permisos y acceso a la información, el usuario EAIS podrá visualizar los mapas geoespaciales correspondientes a su desempeño con marcación de rutas origen destino hacia el paciente que debe ser atendido, este tiene limitaciones en la visualización y recuperación de datos y obtención de reportes.
RF-03	La aplicación será responsiva, es decir tendrá la posibilidad de adaptarse a cualquier dispositivo conectado a internet.

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

RF-04	Las aplicaciones contarán con una pantalla de inicio de sesión donde se ingresará el usuario y la contraseña, las cuales son de carácter obligatorio para todos los usuarios del sistema, sin importar el nivel.
RF-05	Las aplicaciones permitirán el acceso a los módulos de acuerdo con los roles establecidos para cada tipo de usuario.
RF-06	Las aplicaciones permitirán desplegar subcategorías de las categorías principales, mencionadas en el apartado de Perspectiva del producto.
RF-07	Las aplicaciones mostraran al usuario una lista de categorías en las cuales podrá realizar filtros para una representación específica en el mapa.
RF-08	Las aplicaciones permitirán hacer o deshacer el zoom al momento de la navegación en el Mapa Parlante.
RF-09	Las aplicaciones contarán con la representación de un mapa base en el cual se va a mostrar las siguientes categorías: (año, edad (1-100), sexo, riesgos biológicos, riesgos ambientales, riesgos socioeconómicos, grupos prioritarios, grupos vulnerables.)
RF-10	Las aplicaciones mostraran la información respectiva acorde al rol de usuario (administrador, EAIS) con el que ingrese al sistema.
RF-11	Las aplicaciones son capaces de marcar rutas desde un origen A, hacia un destino B (EAIS - paciente).
RF-12	Las aplicaciones permitirán generar reportes según las variables filtradas disponibles en la sección de categorías e indicadores.
RF-13	Las aplicaciones contarán con un formulario en el cual se realizará la gestión de Usuario EAIS y sus integrantes. (Crear-editar-actualizar).

Requerimientos no funcionales

La Tabla 2 detalla los criterios y especificaciones de los requerimientos no funcionales esenciales para el desarrollo de la aplicación.

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

Tabla 2. Requerimientos no funcionales

Código	Descripción del Requerimiento	
RNF-01	Las aplicaciones controlarán el acceso y se lo permitirá únicamente a usuarios registrados que ingresen con su respectivo usuario y contraseña.	
RNF-02	Se validará que el campo usuario sea único.	
RNF-03	La contraseña para acceder al sistema será encriptada.	
RNF-04	Las aplicaciones almacenarán la información en un servidor con el gestor de base de datos PostgreSQL.	
RNF-05	Las aplicaciones guardarán la información relacionada con el Mapa Parlante para la generación de reportes.	
RNF-06	Las aplicaciones estarán disponibles las veinticuatro horas del día, los siete días de la semana, pero el horario de atención dependerá de cada médico o del Centro de Salud.	
RNF-07	La aplicación web estará disponible en los navegadores Chrome, Edge, Opera, Safari, y la aplicación móvil para Android e IOS.	
RNF-08	Las aplicaciones no requieren adquirir alguna licencia de software	
RNF-09	Se recuerda que un producto de software no se destruye, pero se desgasta, por lo tanto, algunos apartados deberán requerir mantenimiento al cabo del algún tiempo.	

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

Diagramas de Casos de Uso

Los diagramas de casos de uso presentan las funcionalidades y usos que los usuarios tendrán en la aplicación, especificados para los tipos de usuario: Administrador y EAIS. En la figura 1, se detalla el caso de uso del Administrador, destacando las acciones que puede llevar a cabo.

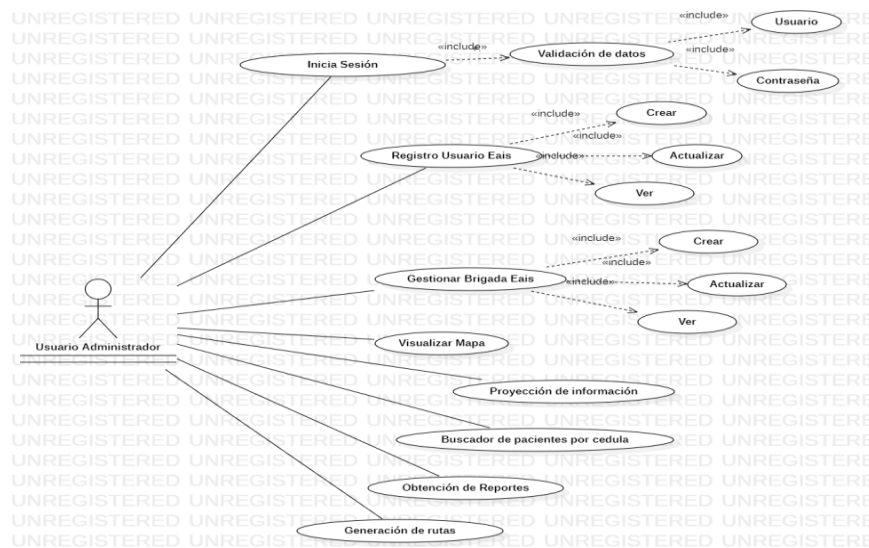


Figura 1. Diagrama de caso de uso para el administrador

En la figura 2, se detalla el caso de uso del EAIS, destacando las acciones que puede llevar a cabo.

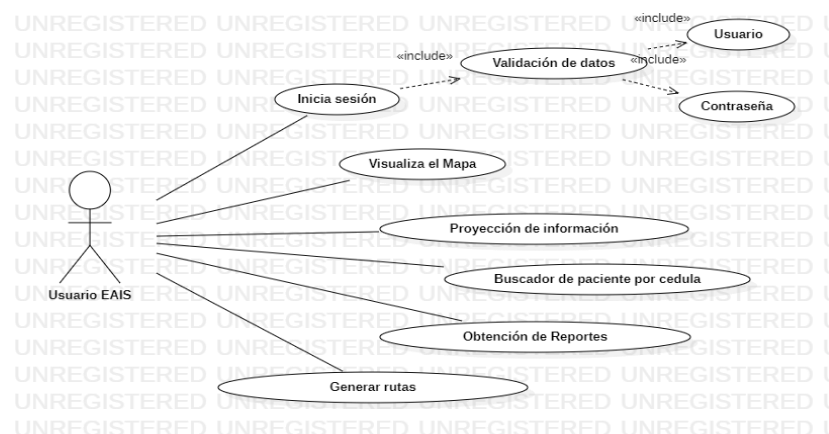


Figura 2. Diagrama de caso de uso para usuario EAIS

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

Arquitectura del sistema

En la figura 3 se detalla la arquitectura cliente/servidor con microservicios que incorpora la modularidad y la independencia de los microservicios, lo que posibilita una mayor flexibilidad y escalabilidad en el sistema.

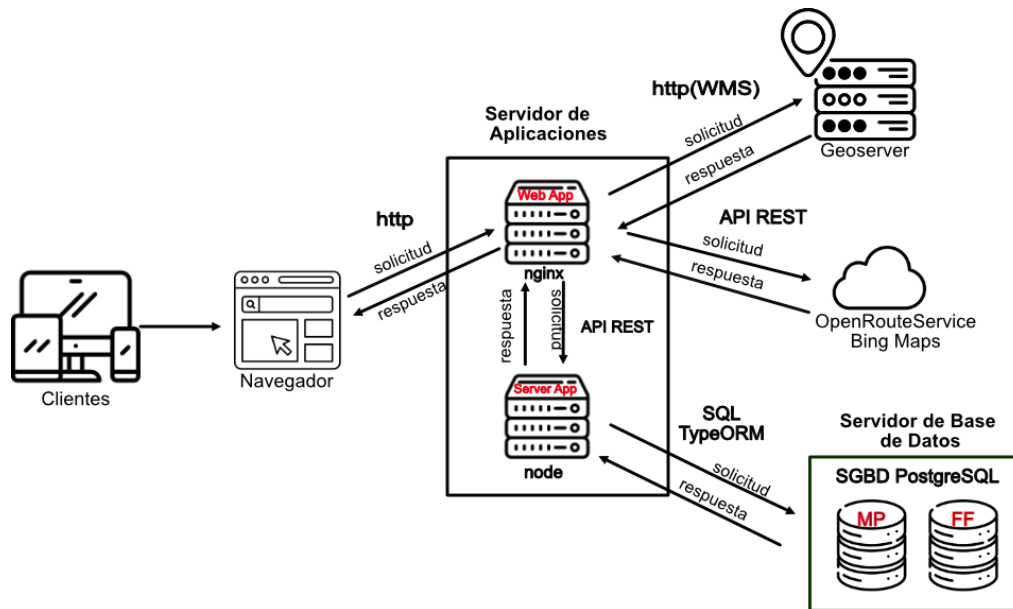


Figura 3. Arquitectura Cliente/Servidor con microservicios.

Diseño de interfaz de Usuario

La figura 4 muestra el prototipo (wireframe) o maqueta del diseño para la aplicación en escala de grises. Este prototipo brinda una visión inicial de la disposición y estructura general de la interfaz, sirviendo como base para futuras iteraciones y refinamientos en el diseño final.

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

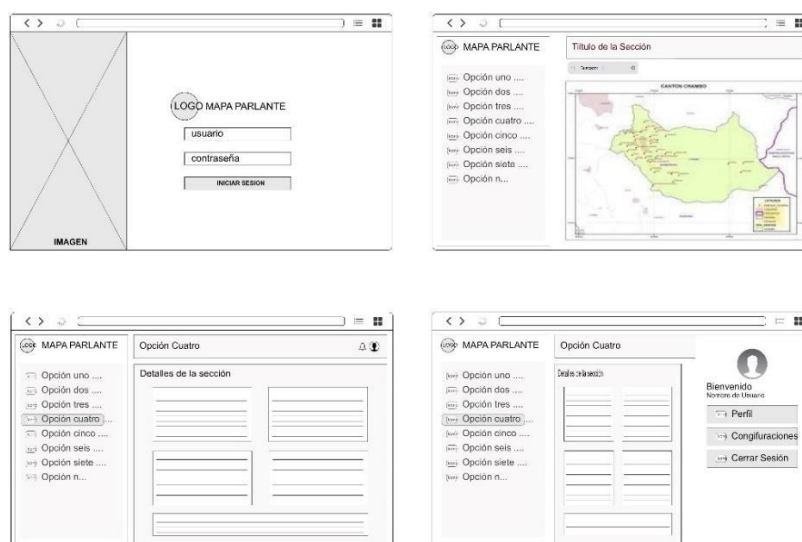


Figura 4. Wireframes de la aplicación.

Diseño de la Base de Datos.

En la figura 5, se muestra el modelo de la base de datos relacional que se utilizó para gestionar de forma eficiente los datos.

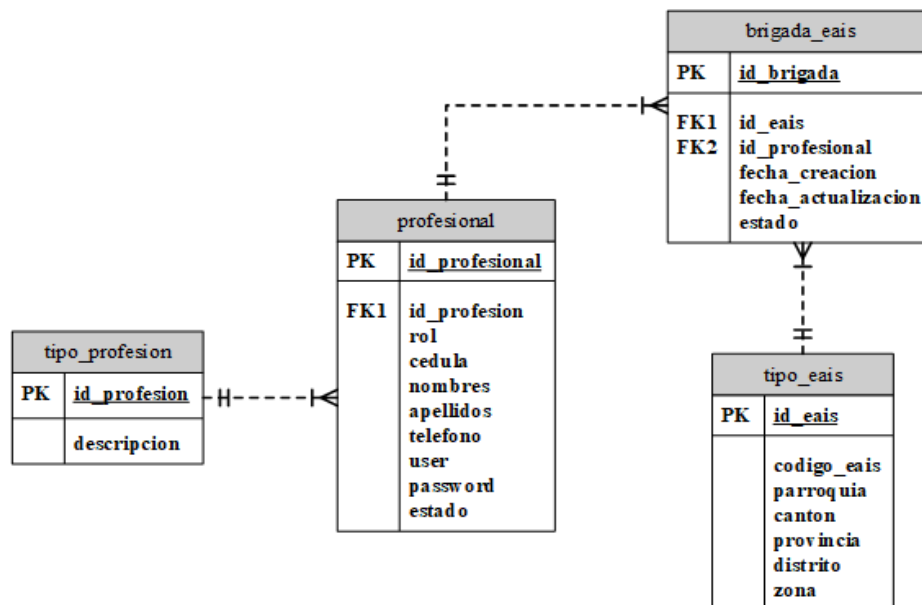


Figura 5. Modelo relacional de la base de datos

Herramientas de Desarrollo

La Tabla 3, detalla las herramientas utilizadas durante el proceso de desarrollo de la aplicación Mapa Parlante y su evaluación de usabilidad.

Tabla 3. Herramientas utilizadas para el desarrollo de la aplicación Mapa Parlante

Categoría	Herramienta	Versión
Lenguaje de programación	TypeScript	NA
Framework	Angular	16
	Nest.js	10.3.0
Base de Datos	PostgreSQL	15.2.1
Servidor Web	Nginx	1.22.1
	Node.js	18.18.0
Servidor de Mapas	Geoserver	2.24.1
Infraestructura de Mapas en línea	OpenLayers	9.0.0
API para rutas	Openrouteservice	NA
API para mapas	Bing Maps	NA
IDE	Visual Studio Code	1.87.1
Norma para evaluar la usabilidad	ISO/IEC 25010	NA

PostgreSQL se utiliza para la gestión de la base de datos, en esta se implementó una base de datos dedicada al manejo completo del Mapa Parlante, se integra Nest, con TypeORM, para el mapeo de objetos de forma más sencilla, facilitando las operaciones de la base de datos. Además, se integra la consulta a la base de datos externa denominada "Ficha Familiar", utilizando SQL únicamente para operaciones de consumo de datos. Node.js compone la estructura del servidor y opera como una API REST, proporcionando una interfaz eficiente para la interacción entre el cliente y el servidor de aplicaciones. Para construir la API, se adoptó la metodología modular de Nest.js, dividiendo la aplicación en módulos especializados para fomentar la cohesión y simplificar el mantenimiento. Se garantizó un funcionamiento robusto y confiable al utilizar tecnologías estándar, como el manejo de solicitudes HTTP, la validación de datos y el control de excepciones. Angular se utiliza para el desarrollo de la aplicación con acceso web que opera en el entorno de desarrollo Visual Studio Code. Se optó por TypeScript debido a su capacidad para facilitar el mantenimiento del código y detectar

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

errores en tiempo de compilación. En términos de diseño y estilos, se implementó el framework Tailwind CSS, ofreciendo un enfoque ágil y eficiente para el desarrollo de interfaces de usuario modernas. El uso de módulos de Angular como Core Module, Common Module, Forms Module, HTTP Module y Router Module, desempeña un papel crucial al simplificar y optimizar el rendimiento. Esta modularidad no solo contribuye a una arquitectura clara y organizada, sino que también mejora significativamente la eficiencia general del sistema.

Geoserver constituye la infraestructura del servidor de mapas en la aplicación, para la creación de servicios de mapas mediante el estándar abierto Web Map Service (WMS), que se empleó para consumir los mapas dentro de la aplicación de Mapa Parlante. Esta integración facilita una representación gráfica dinámica y precisa de la información geoespacial proporcionada. La conexión entre GeoServer y Angular se establece a través de OpenLayers, pues la combinación de estas tecnologías garantiza una navegación geoespacial fluida. API de Bing Maps amplía las opciones de visualización con mapas de alta calidad y diversas funciones geoespaciales. Esta integración proporciona una fuente adicional de información geográfica, enriqueciendo la diversidad de datos presentados en la aplicación. Openrouteservice se utiliza en el ámbito de la planificación y navegación de rutas, este componente se integra de manera eficiente y precisa con la aplicación, permitiendo funcionalidades avanzadas para la planificación de rutas en el Mapa Parlante.

Desarrollo de la aplicación de lado del servidor con Nest.js

Para el desarrollo del backend se utilizó Nest.js, un framework basado en Node.js que desarrolla una arquitectura similar a la de Angular. En la figura 6, se presenta la estructura organizativa de carpetas y el módulo principal del proyecto en Nest.js.

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

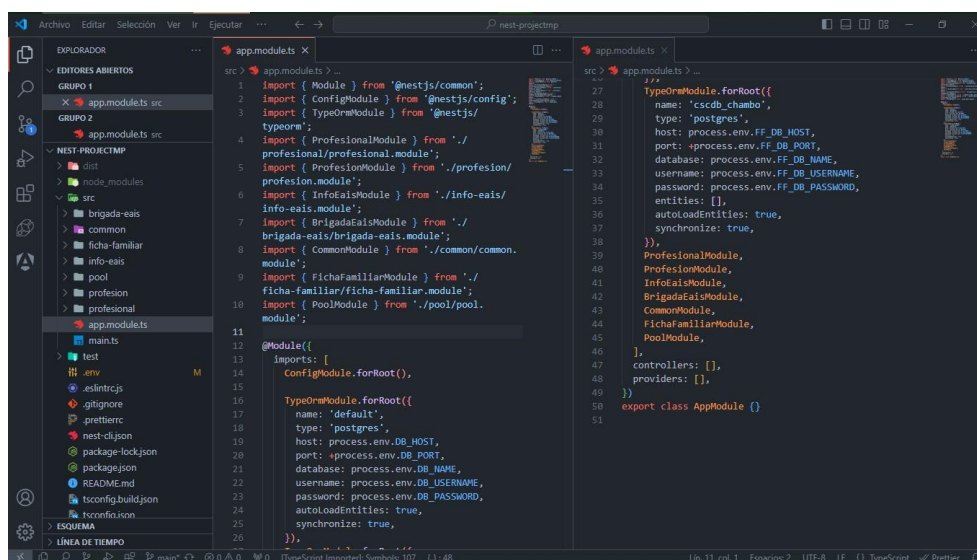


Figura 6. Estructura organizativa de carpetas en el módulo principal de Nest

A continuación, se presenta en la figura 7, la integración y configuración de PostgreSQL con la base de datos seleccionada para el proyecto.

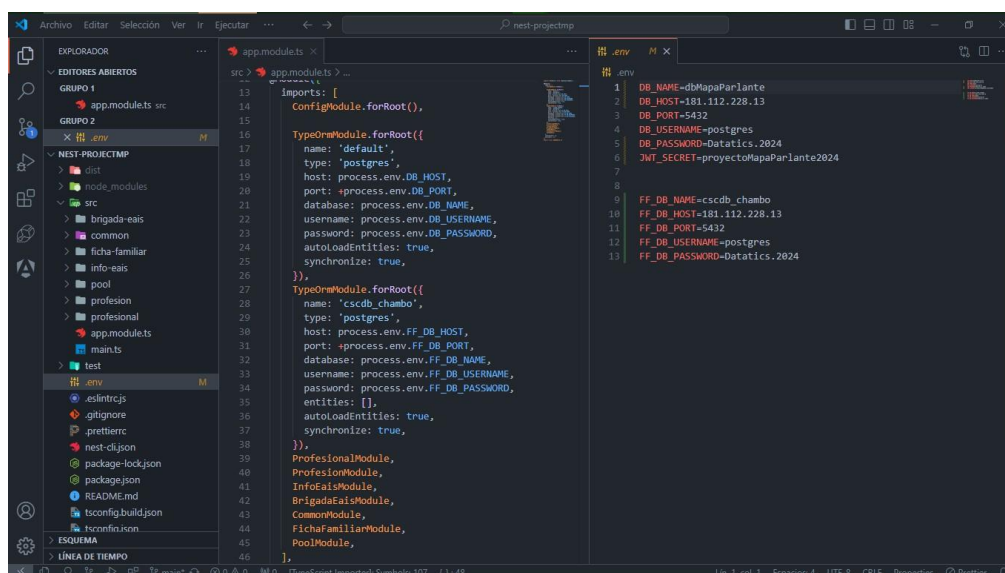


Figura 7. Configuración de PostgreSQL en el proyecto de Nest

En la figura 8, se visualiza la aplicación de la biblioteca TypeORM dentro de Nest.js, actuando como una capa de acceso a datos. Esta implementación posibilita la interacción con la base de datos mediante el uso de clases y objetos.

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

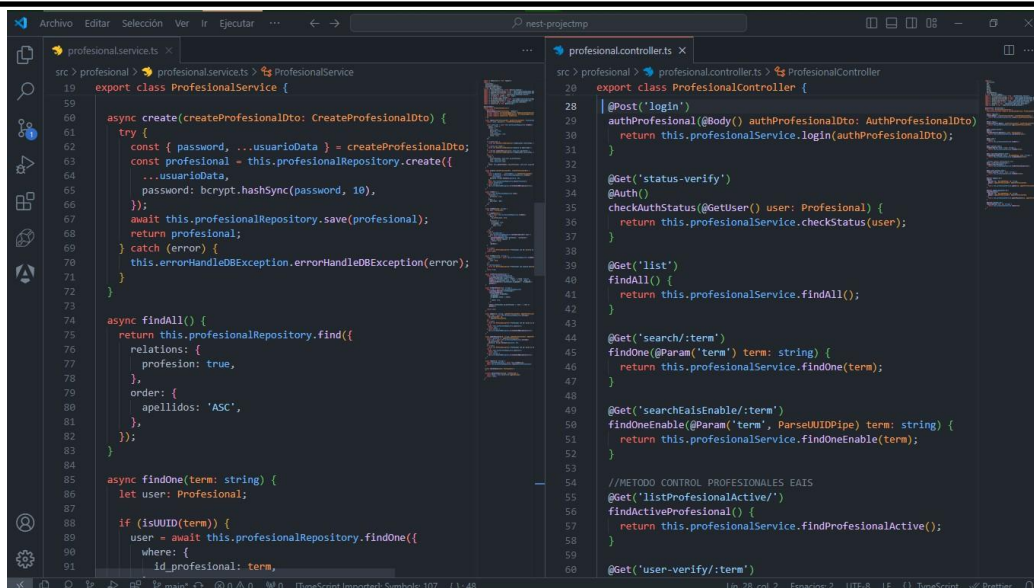


Figura 8. Uso de TypeORM para conexión con la base de datos

En la figura 9, se observa la implementación de SQL puro, en el servicio de ficha-familiar, para la recuperación y búsqueda en la base de datos de los pacientes.

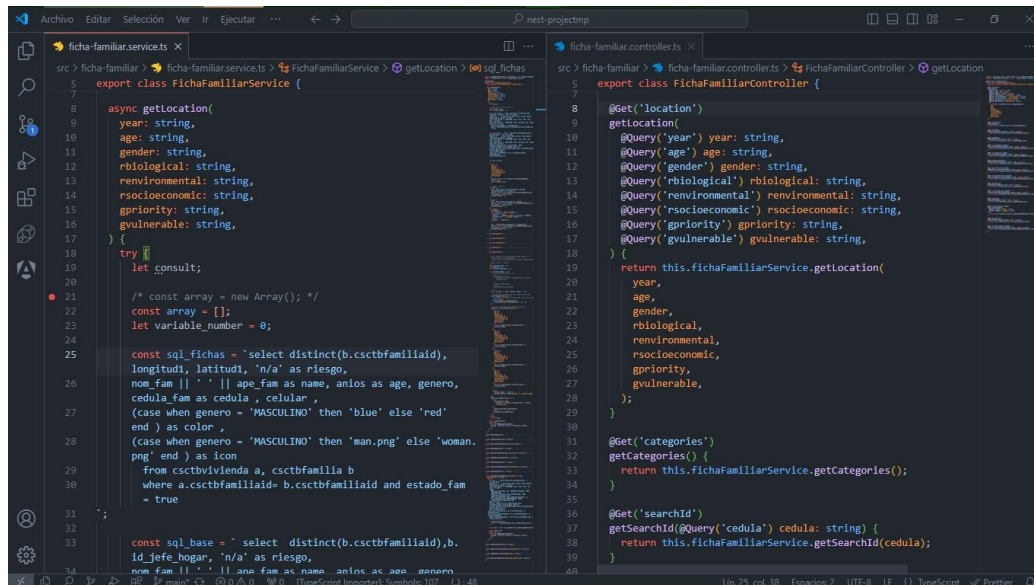


Figura 9. Implementación de SQL para Interactuar con la BD Ficha Familiar

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

Integración con otros servicios

La construcción de la aplicación web se llevó a cabo mediante el uso del framework Angular, complementado por Tailwind CSS. La figura 10 muestra el módulo raíz del proyecto Angular, junto con una vista previa de la aplicación.

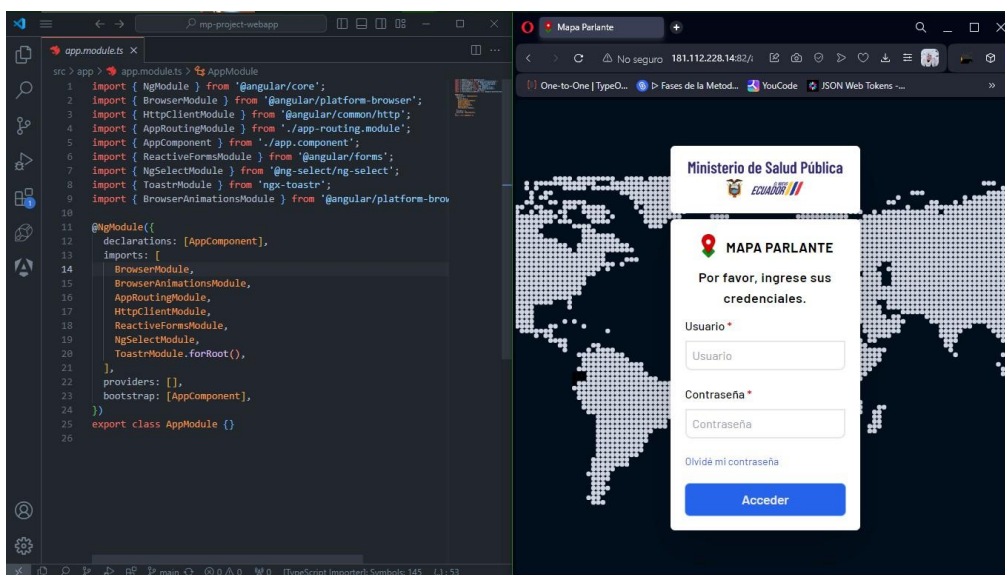


Figura 10. Vista previa del desarrollo de la aplicación Mapa Parlante

La figura 11 muestra el archivo de importación de Tailwind CSS y la declaración de los estilos globales, que permitieron diseñar el aplicativo para dispositivos que garantizan el acceso web.

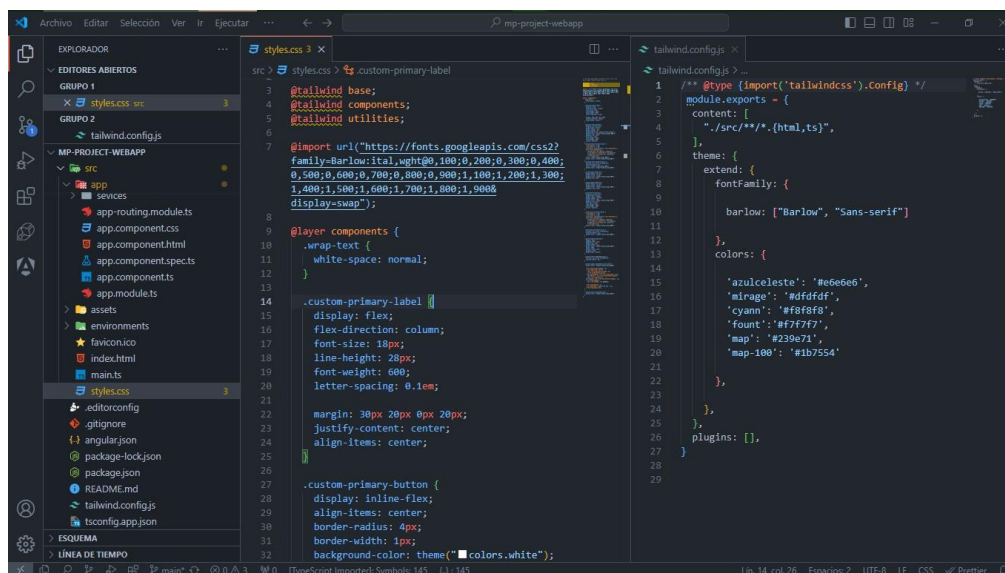


Figura 11. Importación de Tailwind CSS

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

La figura 12 muestra la creación del espacio de trabajo en Geoserver empleado para organizar y agrupar las capas para la definición del servicio WMS.



Figura 12. Espacio de trabajo en Geoserver

La figura 13 muestra los almacenes de datos denominados Cuadro_EAIS, EAIS, Geo_Loc, utilizados en la aplicación Mapa Parlante que sirven para configurar los tipos de datos que se van a mostrar a través del servicio WMS, en este caso serán archivos con formato shapefile(.shp).



Figura 13. Almacenes de datos en Geoserver

En la figura 14 se puede observar las capas denominadas CUADRO_EAIS, EAIS, GEO_LOC, que fueron creadas para ser representada en el mapa, además se muestra la configuración de una de las capas denominada CUADRO_EAIS.

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

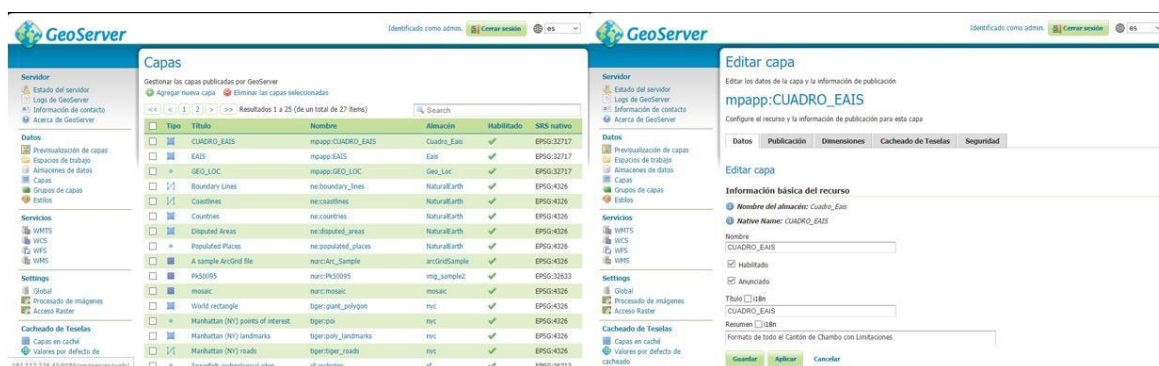


Figura 14. Capas publicadas en Geoserver

En la figura 15, se evidencia la conexión de Geoserver con el aplicativo frontend de Angular a través de OpenLayers en el componente denominado EAIS-information.

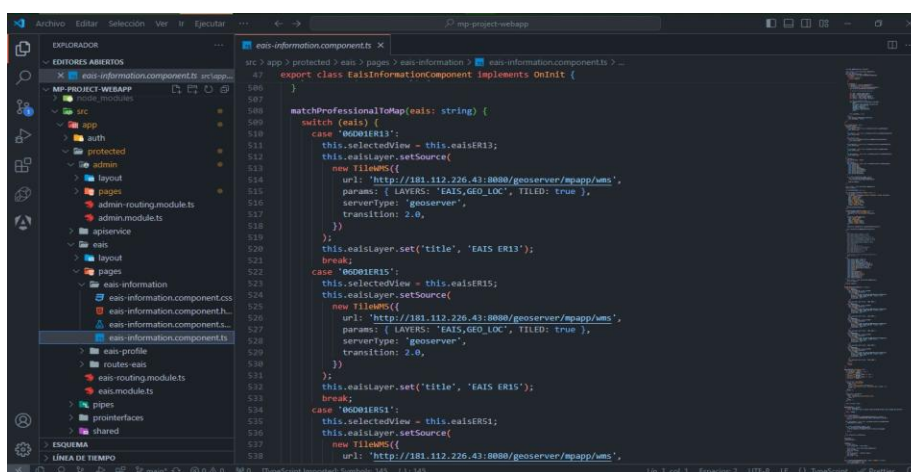


Figura 15. Conexión de Geoserver a Angular mediante OpenLayers

En la figura 16, se muestra el consumo del API de Bing Maps para la visualización del mapa en el aplicativo de Angular en el componente denominado EAIS-information.

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

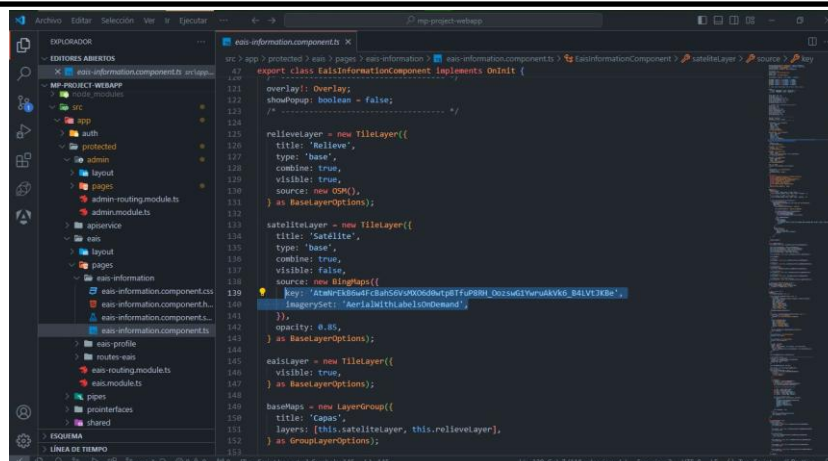


Figura 16. Consumo del API de Bing Maps

La figura 17 presenta el uso del API de OpenRouteService para la planificación de rutas y cómo se integra en la aplicación Angular en el componente denominado routes-EAIS.

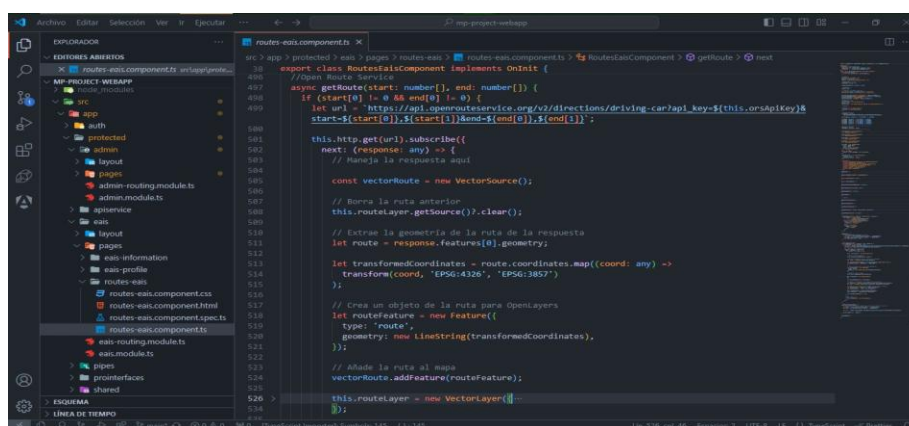


Figura 17. Integración de Openrouteservice en Angular

RESULTADOS

En la tabla 4, se muestra el resultado del análisis de la elección de las herramientas para el desarrollo de la aplicación.

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

Tabla 4. Análisis de herramientas para el Desarrollo de la Aplicación Mapa Parlante

Criterio	Herramienta Elegida	Otra Herramienta	Justificación
Framework de Desarrollo del Servidor	Nest	Spring Boot	Se selecciono Nest.js sobre Spring Boot por la integración natural con Angular esencial para mantener una arquitectura coherente en toda la aplicación. Nest.js ofrece esta integración de manera más fluida, compartiendo código y estructuras de proyecto directamente con Angular [7]. Además, el equipo de desarrollo ya está familiarizado con TypeScript, esto reduce la curva de aprendizaje y permite una transición más efectiva.
Framework de Desarrollo Web	Angular	React.js	La elección de Angular se basó en la integración natural con TypeScript, asegurando así que la tecnología seleccionada se alinee de manera óptima con las necesidades y preferencias del equipo de desarrollo en el contexto del proyecto Mapa Parlante [9].
Lenguaje de programación	TypeScript	JavaScript	La elección de TypeScript frente a JavaScript se basa en el tipado estático de TypeScript, además este es un superconjunto de JavaScript, que proporciona una mayor robustez al código y permite la detección temprana de errores durante el desarrollo [6]. Además, Angular y Nest.js, las herramientas seleccionadas, son compatibles con TypeScript, lo que facilita la integración y mejora la coherencia en el desarrollo [6].

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

Gestión de Base de Datos	PostgreSQL	MongoDB	La elección de PostgreSQL sobre MongoDB para la base de datos de Mapa Parlante se basó en la integración con TypeORM que facilitó el mapeo de objetos para la simplificación de las operaciones de la base de datos. La estructura relacional de PostgreSQL se adaptó óptimamente a la complejidad de los datos del proyecto, respaldada por su soporte para transacciones ACID y su robustez en el manejo de datos estructurados [8]. Estas características específicas del proyecto se alinearon de manera coherente con las ventajas ofrecidas por un modelo de datos relacional.
Servidor de Mapas	Geoserver	ArcGIS	La elección de Geoserver sobre ArcGIS se basó en su eficiente integración con Angular mediante OpenLayers [4]. Desde una perspectiva económica, Geoserver resulta más rentable al evitar costosas licencias asociadas con ArcGIS. Además, la comunidad activa y el soporte continuo de Geoserver garantizan estabilidad y eficacia a largo plazo, respaldando así su elección como la opción más adecuada.
Librería de Visualización de Mapas	OpenLayers	Google Maps JavaScript API	La elección de OpenLayers sobre Google Maps JavaScript API para la librería de visualización de mapas se fundamenta en la preferencia por una solución de código abierto y la flexibilidad que ofrece. OpenLayers proporciona control sobre la implementación y personalización de la visualización de mapas, sin depender de servicios externos y evitando posibles costos asociados con licencias [10]. Esta decisión se alinea con la necesidad de integración específica y adaptación

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

			precisa a los requisitos del sistema, así como con la consideración de evitar restricciones y tarifas relacionadas con el uso de servicios como Google Maps.
API para Rutas	Openroute service	Google Maps JavaScript API	La elección de Openrouteservice frente a Google Maps JavaScript API para la generación de rutas se basa en la preferencia por soluciones de código abierto, la flexibilidad que ofrece, y la ausencia de limitaciones y tarifas asociadas [11]. Esta decisión se alinea con la filosofía de evitar dependencias de servicios propietarios y optimizar la adaptación a las necesidades específicas del proyecto.
Proveedor de Mapas Adicional	Bing Maps	Google Maps	La elección de Bing Maps como proveedor de mapas adicional se debe a su API robusta y bien documentada, que ofrece una amplia variedad de funcionalidades de mapeo [9]. Además, la flexibilidad de licencia y los costos más bajos en comparación con Google Maps hacen que Bing Maps sea una opción económicamente atractiva.

Con el marco metodológico Scrum como guía, la implementación de la aplicación Mapa Parlante en el Centro de Salud Chambo se muestra en la figura 18 las pantallas correspondientes a la aplicación web implementada.

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

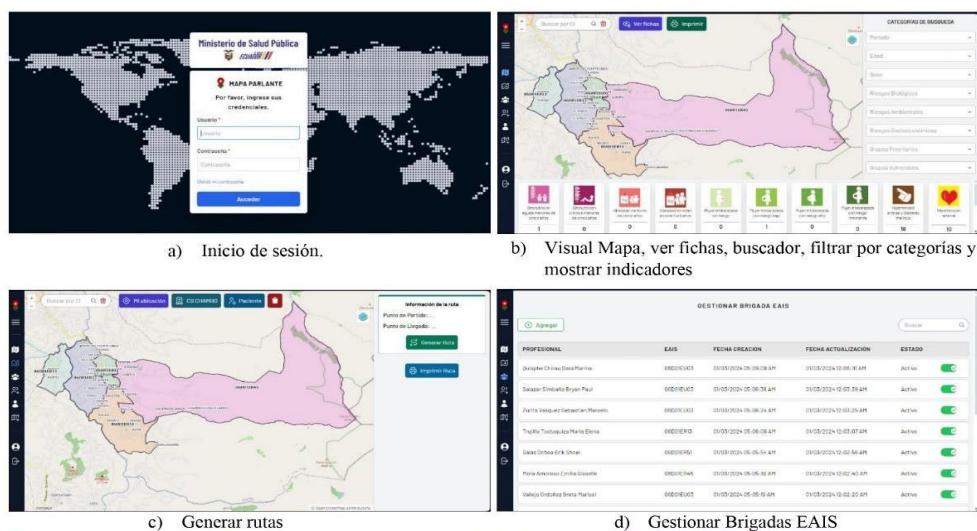


Figura 18. Aplicación web Mapa Parlante implementada.

La Evaluación de la usabilidad de la aplicación con acceso web y móvil Mapa Parlante en el Centro de Salud Chambo aplicando el modelo de calidad ISO/IEC 25010 se llevó a cabo aplicando el modelo de calidad ISO/IEC 25010. La encuesta se realizó a 13 profesionales del área de la salud del Centro de salud de Chambo tipo B, el 38% son Médicos/as General, el 31% equivalente a 4 profesionales son Enfermeros/as, el 23% equivalente a 3 profesionales son Odontólogos/as, y el 8% equivalente 1 profesional es Médico/a Especialista.

Los resultados de evaluación de Aprendizabilidad, refiriéndose a la capacidad del producto que permite al usuario aprender su aplicación. En la figura 19 se muestra las respuestas a la pregunta 1. ¿Qué tan fácil le resultó aprender a utilizar la aplicación desde el principio?. En la figura 20 se muestra los resultados de la pregunta 2. ¿Las funciones de la aplicación son intuitivas y fácil de entender? . En la figura 21 se muestra los resultados de la pregunta 3. ¿Cómo evalúa la claridad, organización y navegabilidad de la aplicación para acceder a las diversas funciones y acciones que ofrece?

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

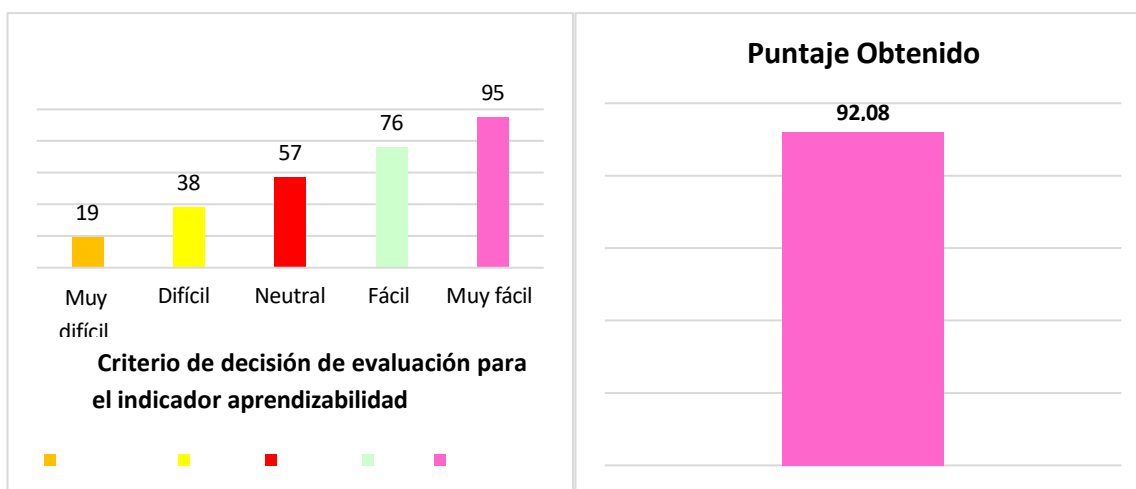


Figura 19. Resultado del indicador aprendizabilidad – Pregunta 1

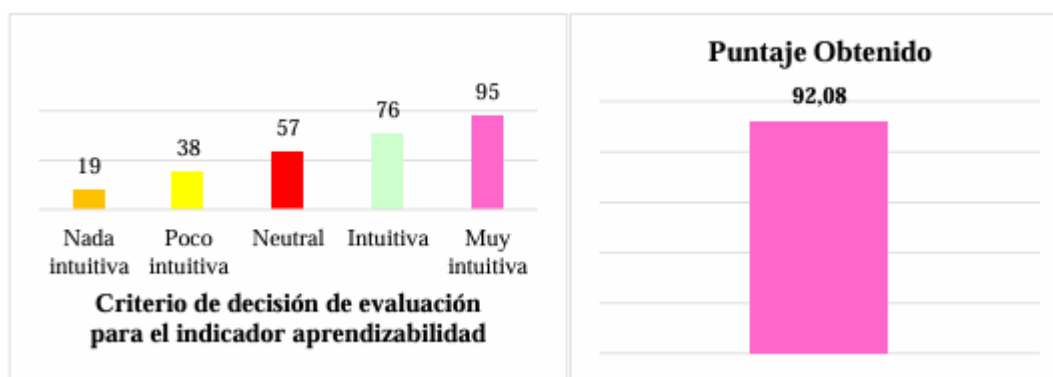


Figura 20. Resultado del indicador aprendizabilidad – Pregunta 2

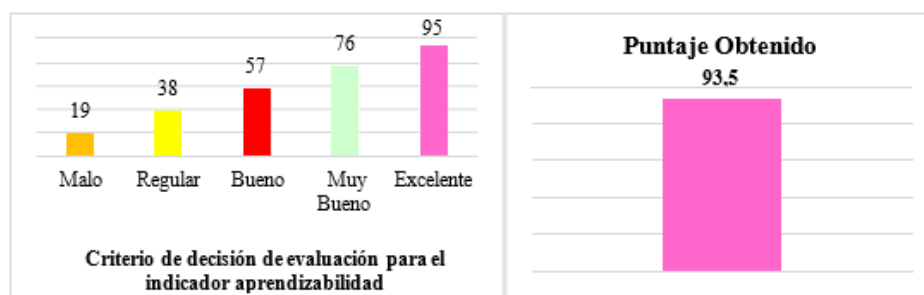


Figura 21. Resultado del indicador aprendizabilidad – Pregunta 3

La tabla 5 muestra el promedio de los puntajes obtenidos en el criterio de aprendizabilidad de la aplicación Mapa Parlante. Los puntajes para las preguntas P1, P2 y P3 son 92.08, 92.08 y 93.54

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

respectivamente. El promedio general de estos puntajes es 92.56%. Esto indica que, en promedio; los profesionales de la salud calificaron la aprendizabilidad de la aplicación como alta.

Tabla 5. Promedio obtenido del criterio de aprendizabilidad

PREGUNTAS	PUNTAJE OBTENIDO
P1	92.08
P2	92.08
P3	93.54
PROMEDIO	92.56

Los resultados de evaluación de Operabilidad, refiriéndose a la capacidad del producto que permite al usuario operarlo y controlarlo con facilidad. En la figura 22 se muestra las respuestas a la pregunta 4. ¿Cómo calificaría la eficiencia de la aplicación en términos de velocidad y respuesta? . En la figura 23 se muestra las respuestas a la pregunta 5. ¿Las funciones principales de la aplicación son fáciles de encontrar y acceder?. En la figura 24 se muestra las respuestas a la pregunta 6. ¿Cómo calificaría la consistencia en la disposición y etiquetado de los elementos de la interfaz? (Por ejemplo, botones, menús, opciones).

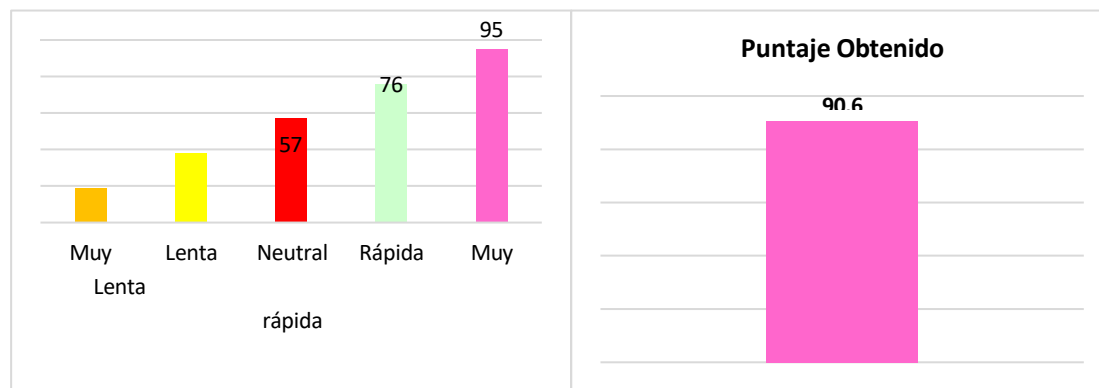


Figura 22. Resultado del indicador Operabilidad– Pregunta 4

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

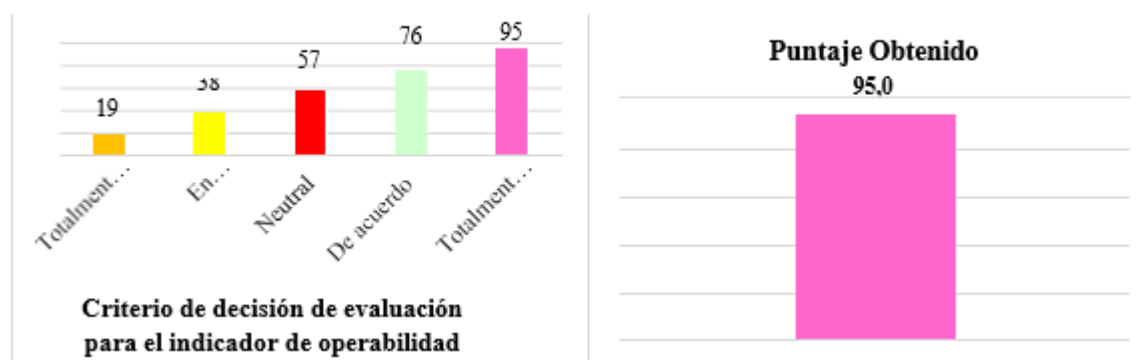


Figura 23. Resultado del indicador operabilidad– Pregunta 5.

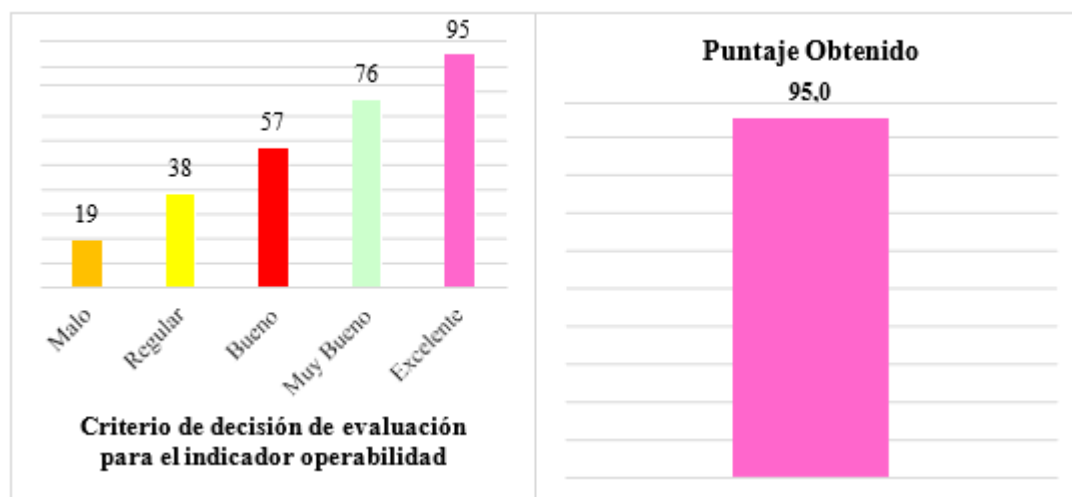


Figura 24. Resultado del indicador operabilidad– Pregunta 6

La tabla 6 presenta el promedio de los puntajes obtenidos en el criterio de operabilidad de la aplicación. Los puntajes para las preguntas P1, P2 y P3 son 90.62, 95.00 y 95.00 respectivamente. El promedio general de estos puntajes es 93.54%. Esto indica que, en promedio, los profesionales de la salud calificaron la operabilidad de la aplicación como alta.

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

Tabla 6. Promedio obtenido del criterio de operabilidad

PREGUNTAS	PUNTAJE OBTENIDO
P4	90.62
P5	95.00
P6	95.00
PROMEDIO	93.54

Los resultados de evaluación del indicador protección contra errores del usuario, refiriéndose a la capacidad del producto que permite al usuario operarlo y controlarlo con facilidad. En la figura 25 se muestra las respuestas a la pregunta 7. ¿Los mensajes de error le ayudan a identificar que salió mal y como puede solucionarlo?. En la figura 26 se muestra las respuestas a la pregunta 8. ¿La aplicación presenta mensajes de confirmación antes de realizar acciones que sean irreversibles o que puedan tener un impacto significativo?. En la figura 27 se muestra las respuestas a la pregunta 9. ¿Considera que las notificaciones se presentan con claridad y son fácilmente comprensibles para el usuario?

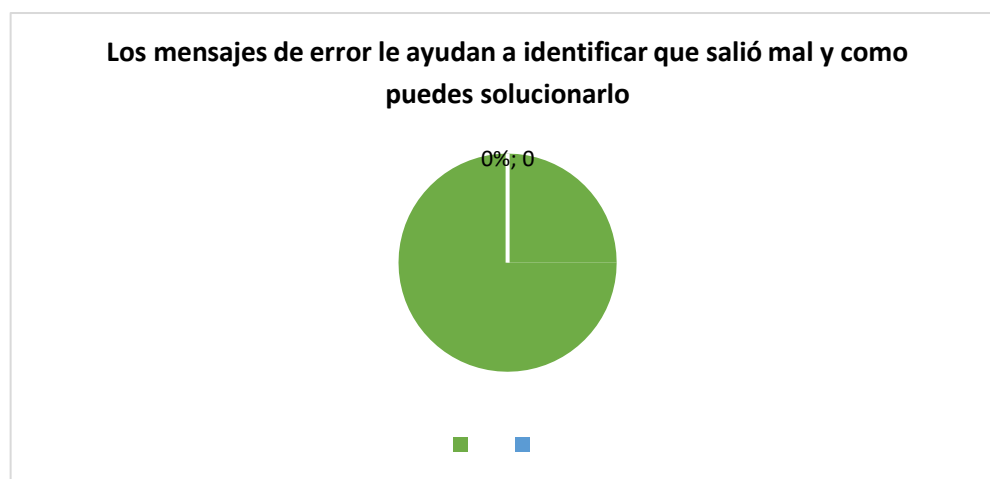


Figura 25. Protección contra errores de usuario - Pregunta 7

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

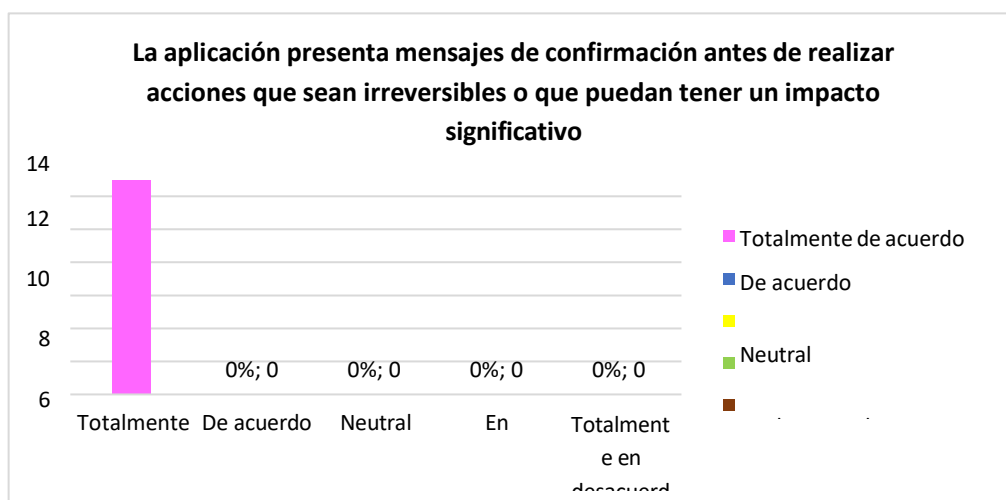


Figura 26. Protección contra errores de usuario – Pregunta 8

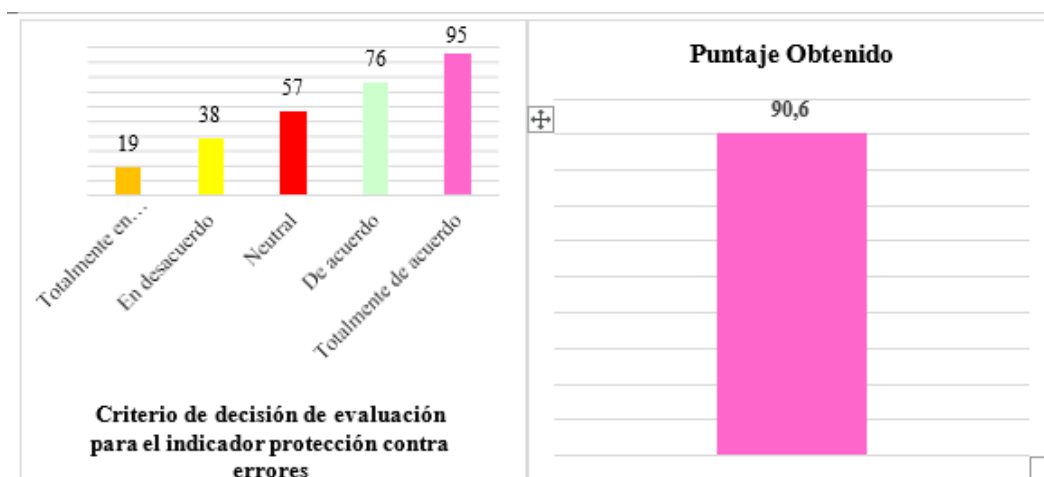


Figura 27. Resultado del indicador protección contra errores - Pregunta 9

La tabla 7 presenta el promedio de los puntajes obtenidos en el criterio de protección contra errores de usuario en la aplicación. Los puntajes para las preguntas P1, P2 y P3 son 95.00, 95.00 y 90.62 respectivamente. El promedio general de estos puntajes es 93.54%. Esto indica que, en promedio, los profesionales de la salud calificaron la protección contra errores de usuario de la aplicación como alta.

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

Tabla 7. Promedio obtenido del criterio de protección contra errores de usuario

PREGUNTAS	PUNTAJE OBTENIDO
P7	95.00
P8	95.00
P9	90.62
PROMEDIO	93.54

Los resultados de evaluación del indicador Estética de la Interfaz de Usuario, refiriéndose a la capacidad de la interfaz de usuario de agradar y satisfacer la interacción con el usuario. En la figura 27 se muestra las respuestas a la pregunta 10. ¿Encuentra visualmente atractiva la interfaz de usuario de la aplicación?. En la figura 28 se muestra las respuestas a la pregunta 11. ¿La distribución de espacio en la aplicación le parece eficiente y bien organizada?. En la figura 29 se muestra las respuestas a la pregunta 12. ¿Cómo evaluaría la utilización de colores, fuentes y elementos visuales en la interfaz de la aplicación en términos de su atractivo y coherencia?

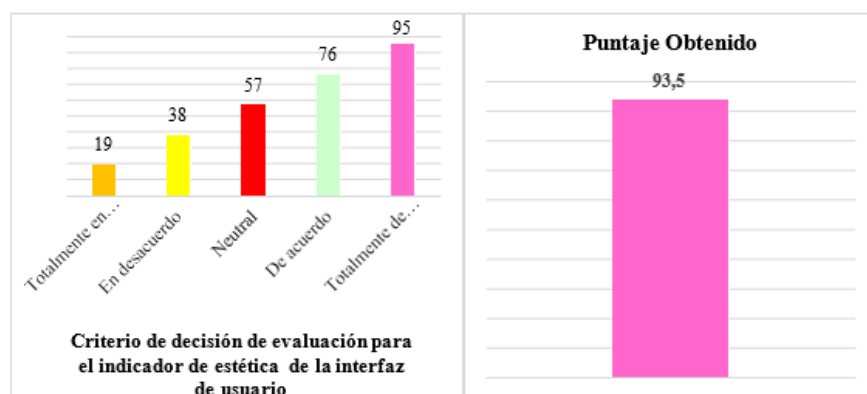


Figura 28. Resultado del indicador estética de la interfaz de usuario – Pregunta 11

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

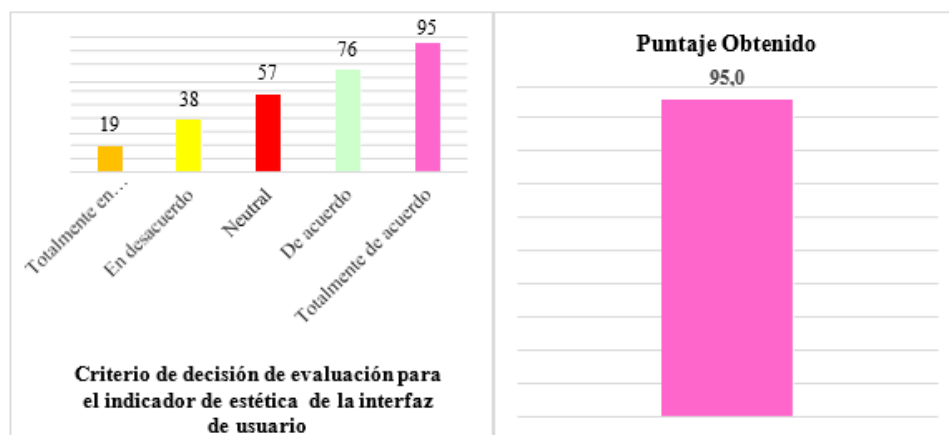


Figura 29. Resultado del indicador estética de la interfaz de usuario – Pregunta 12

La tabla 8 presenta el promedio de los puntajes obtenidos en el criterio de estética de la interfaz de usuario. Los puntajes para las preguntas P1, P2 y P3 son 93.50, 93.50 y 95.00 respectivamente. El promedio general de estos puntajes es 94.00%.

Tabla 8. Promedio obtenido del criterio de la estética de la interfaz de usuario

PREGUNTAS	PUNTAJE OBTENIDO
P10	93.50
P11	93.50
P12	95.00
PROMEDIO	94.00

DISCUSIÓN

En la fase inicial del proyecto, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de las herramientas disponibles para la representación del Mapa Parlante en el Centro de Salud Chambo. La elección de TypeScript, Angular, Nest.js, PostgreSQL, Geoserver, OpenLayers, Openrouteservice y Bing Maps se justifica a través de una investigación bibliográfica. Estos incluyeron aspectos como la integración con Angular, la familiaridad del equipo de desarrollo con TypeScript, y consideraciones económicas y de licencias de software. La coherencia entre estas herramientas fue esencial para mantener una arquitectura consistente y facilitar el desarrollo y la integración de la aplicación.

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

La metodología Scrum demostró ser una elección acertada para la implementación de la aplicación en el Centro de Salud Chambo. El enfoque iterativo y colaborativo facilitó una respuesta ágil a los cambios y permitió una entrega continua y retroalimentada de avances de cumplimiento. La aplicación fue sometida a una evaluación detallada de usabilidad utilizando el modelo de calidad ISO/IEC 25010. Criterios específicos, como aprendizabilidad, operabilidad, protección contra errores de usuario y estética de la interfaz de usuario, se evaluaron mediante una encuesta a profesionales de la salud del Centro de Salud Chambo, los resultados obtenidos en estas áreas permitieron identificar que la aplicación permite al usuario familiarizarse con sus funciones en un 92.56 % de aprendizabilidad, su operabilidad se destaca con un 93.54 %, la evaluación de protección contra errores de usuario fue de 93.54 % y en termino de estética de interfaz de usuario se obtuvo un promedio de 94.00 %. Estos hallazgos se conectan directamente con las elecciones de herramientas y metodologías, destacando la importancia de una integración coherente. La investigación y desarrollo de la aplicación Mapa Parlante han contribuido significativamente al ámbito de la salud y la tecnología, puesto que proporciona funciones de visualización de distintos tipos de mapas, consumo y visualización de datos obtenidos de Ficha Familiar, filtrar la visualización mediante categorías de búsqueda, búsqueda de paciente mediante la cédula, generación de rutas, generación de reportes, permitiendo una mejor de gestión de EAIS (Equipo de Atención Integral en Salud) y toma de decisiones.

Los resultados obtenidos proporcionan valiosas lecciones aprendidas para proyectos similares. La aplicación no solo cumple con los objetivos establecidos, sino que también establece un precedente para futuras implementaciones de tecnologías similares en entornos de salud a nivel parroquial, cantonal, provincial, zonal y nacional.

CONCLUSIONES

El análisis de metodologías y herramientas para el desarrollo de la aplicación Mapa Parlante en el Centro de Salud Chambo ha permitido una selección acertada de tecnologías modernas opensource como Node.js, Angular, Tailwind CSS, Geoserver, OpenLayers, Bing Maps y Openrouteservice; obteniendo como resultado una aplicación funcional, dinámica y altamente interactiva que cumple con los estándares establecidos por la norma ISO/IEC 25010. La integración de OpenLayers con Angular permitió enriquecer tanto la interactividad del mapa, como la inclusión de APIs externas de Bing Maps y Openrouteservice proporcionando acceso a mapas detallados y servicios de

Desarrollo de una aplicación web mapa parlante para la gestión de centros de salud

enrutamiento sin costo alguno. El uso de la metodología Scrum en la implementación de aplicaciones Mapa Parlante y la arquitectura cliente-servidor con microservicios permitieron un despliegue exitoso, eficiente, flexible y escalable; proporcionando una solución tecnológica robusta y alineada con los objetivos del proyecto. La evaluación de la usabilidad de la aplicación Mapa Parlante en el Centro de Salud Chambo, aplicando el modelo de calidad ISO/IEC 25010, ha arrojado resultados altamente positivos. Los indicadores revelan un alto grado de aprendizabilidad, operabilidad, protección contra errores de usuario y estética de la interfaz de usuario, con puntuaciones significativas, como el 92.56% en aprendizabilidad, 93.54% en operabilidad y protección contra errores, así como 94% en la estética de la interfaz, la aplicación respalda el diseño intuitivo y la eficacia de la aplicación, consolidando su posición como una herramienta tecnológica accesible y eficiente para los profesionales de la salud en el Centro de Salud Chambo. En el desarrollo de la aplicación Mapa Parlante basada en una arquitectura cliente/servidor con microservicios es esencial que se adopte un enfoque proactivo para mantenerse al día con las tendencias y actualizaciones de las herramientas tecnológicas utilizadas incluyendo Node.js, Angular, OpenLayers, Geoserver, OpenRouteService entre otras tecnologías y servicios relacionados que permitan reducir el tiempo y los costos asociados al proceso para garantizar una entrega más rápida y confiable de las nuevas funcionalidades y mejoras a los usuarios finales.

Referencias

- [1] World Health Organization, «Proyecto de estrategia mundial sobre salud digital 2020-2025,» 2020. [En línea]. Available: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/200067-lb-full-draft-digital-health-strategy-with-annex-cf-6jan20-cf-rev-10-1-clean-sp_1c8b2b9c-4c25-4efb-8553-9f466028b583.pdf?sfvrsn=4b848c08_4.
- [2] E. López Lara, C. Posada, J. Moreno y U. d. Sevilla, «LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA,» [En línea]. Available: <http://imsturex.unex.es/MUIETSIG/TEMA1.pdf>.
- [3] Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Atención primaria de salud, Manta: Departamento de Edición y Publicación Universitaria (DEPU), 2018.
- [4] Geoserver, «Geoserver,» [En línea]. Available: <https://geoserver.org/about/>
- [5] Ministerio de Salud Pública, MANUAL DEL MODELO DE ATENCION INTEGRAL DEL SISTEMA NACIONAL DE SALUD, Quito: MSP Ecuador, 2018.
- [6] L. Puciarelli, Angular: TypeScript–Arquitectura–Instalación–Directivas y Bindings– Forms– Ruteo y más., Buenos Aires: Six Edicion, 2020.
- [7] E. Haro y T. Guarda, «Desarrollo backend para aplicaciones web, Servicios Web Restful: Node.js vs Spring Boot,» Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Informacion, vol. I, pp. 309-321, 2019.
- [8] J. D. Chavez, Cliente PQSL de POSTGRESQL, Venezuela: IEASS, 2020.
- [9] ArcGIS Resources, «Introducción a SIG,» esri, [En línea]. Available: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000t000000.htm>.
- [10] MappingGIS, «OpenLayers vs Leaflet ¿cuál es mejor?,» MappingGIS, [En línea]. Available: <https://mappinggis.com/2016/11/openlayers-vs-leaflet-mejor/>
- [11] J. Psotta, «openrouteservice,» github, [En línea]. Available: <https://github.com/GIScience/openrouteservice>. [Último acceso: 05 03 2024].
- [12] N. B. J. M. & T. M. C. Tymkiw, «Scrum como Herramienta Metodológica para el Aprendizaje de la Programación,» Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, nº 26, pp. 81-89, 2020.