

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



**Aplicativo móvil de navegación en interiores basada en realidad aumentada
para la localización de puntos de interés en el Hospital Regional Docente
Las Mercedes**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

AUTOR

Angel Eduardo Quijano Muñoz

ASESOR

Jessie Leila Bravo Jaico

<https://orcid.org/0000-0001-6841-2536>

Chiclayo, 2024

**Aplicativo móvil de navegación de interiores basada en realidad
aumentada para la localización de puntos de interés en el Hospital
Regional Docente Las Mercedes**

PRESENTADA POR
Angel Eduardo Quijano Muñoz

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

APROBADA POR

Gregorio Manuel León Tenorio
PRESIDENTE

William Alfredo Noblecilla Vincés
SECRETARIO

Jessie Leila Bravo Jaico
VOCAL

Dedicatoria

Esta tesis es el fruto de un viaje que no hubiera sido posible sin el amor y apoyo de mi familia: mamá, papá y mis hermanos Diego y Anthony, cuya presencia ha sido mi fortaleza. Agradezco profundamente a Franzo, amigo y pilar en la universidad, a Sergio, María Eugenia, Joselo, Roberto, Omar, Jose Luis y Lucas por su amistad inquebrantable. Dedico este logro a la memoria de Arnold Martínez, cuya luz sigue guiándome. Cada uno de ustedes ha dejado una huella indeleble en mi camino.

Agradecimientos

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a los miembros del jurado por dedicar su valioso tiempo y brindarme su asesoramiento experto en la finalización de mi tesis. También deseo extender mi reconocimiento al director del área de informática, Héctor Soto, por su apoyo incondicional en la obtención del acceso al hospital para llevar a cabo mi investigación.

No puedo dejar de mencionar a mi asesora, Jessie Bravo, cuyo profesionalismo y responsabilidad han sido un modelo para mí en mi labor académica. Finalmente, agradezco a mi universidad por su inestimable formación y por enseñarme a través de mis errores y logros.

Tesis Final

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1%
5	ijeecs.iaescore.com Fuente de Internet	<1%
6	asesoresvirtualesalala.revistaespacios.com Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.udec.cl Fuente de Internet	<1%
8	revistas.ulasalle.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	helvia.uco.es Fuente de Internet	<1%

ÍNDICE

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10
REVISIÓN DE LITERATURA	12
MATERIALES Y MÉTODOS	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
CONCLUSIONES	36
RECOMENDACIONES	36
REFERENCIAS.....	38
ANEXOS	41
ANEXO N° 01. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS.....	41
ANEXO N° 02. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	42
ANEXO N° 03. MANUAL DE USUARIO	43
ANEXO N° 04. INFORME DE PACIENTES ATENDIDOS 2018 - 2022	52
ANEXO N° 06. ENCUESTA PARA EL MODELO DE ACEPTACIÓN	54
ANEXO N° 7. TEST DE PRUEBAS.....	57

LISTA DE TABLAS

TABLA I.....	19
TABLA II.....	22
TABLA III.....	57
TABLA IV	59
TABLA V.....	61
TABLA VI.....	63
TABLA VII.....	65

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ARQUITECTURA CLIENTE-SERVIDOR	21
FIGURA 2. GRÁFICO DE LAS MARCAS DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES COMPATIBLES CON ARCORE.....	24
FIGURA 3. MODELANDO EL HOSPITAL DOCENTE LAS MERCEDES EN BLENDER	25
FIGURA 4. DESARROLLO EN UNITY 3D	25
FIGURA 5. APLICACIÓN DE LA MALLA DE NAVEGACIÓN (NAVMESH) EN EL DEPARTAMENTO.....	26
FIGURA 6. DEMOSTRACIÓN DE LA RUTA OPTIMA.....	27
FIGURA 7. CONJUNTO DE MARCADORES QR UTILIZADOS	27
FIGURA 8. MODELO DE BASE DE DATOS NOSQL	28
FIGURA 9. DISEÑO DE LAS ZONAS SEGURAS Y RUTAS DE ESCAPE	29
FIGURA 10. DISEÑO DE LAS ZONAS SEGURAS Y RUTAS DE ESCAPE EN UNITY 3D	29
FIGURA 11. COORDENADAS DEL MAPA 3D DEL HOSPITAL LAS MERCEDES	30
FIGURA 12. MODIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE INTERÉS.....	31
FIGURA 13. RESTAURACIÓN DE LA ESCENA DE MAPA 3D CON LA POSICIÓN DEL USUARIO.....	32
FIGURA 14. ASIGNACIÓN DE UNA ROTA INACCESIBLE POR EL USUARIO	33
FIGURA 15. RUTA INACCESIBLE POR EL USUARIO	34
FIGURA 16. ÁNGULOS Y DISTANCIAS QUE PUEDE SER DETECTADO EL MARCADOR QR POR LA LIBRERÍA ZXING.....	34
FIGURA 17. ACTUALIZACIÓN DE LA INTERFAZ DE USUARIO.....	35
FIGURA 18. UTILIZACIÓN DEL APLICATIVO MÓVIL.....	36

RESUMEN

El estudio se centra en el desarrollo de una aplicación móvil de navegación en interiores basada en realidad aumentada (RA) para mejorar la experiencia de los pacientes en el Hospital Regional Docente Las Mercedes. El objetivo principal es proporcionar información en tiempo real sobre la ubicación y detalles de áreas de interés dentro del hospital. Para lograrlo, se desarrolló una aplicación que traza rutas eficientes a los puntos de interés y ofrece información relevante sobre las áreas del hospital. La precisión de la aplicación se evaluó para garantizar su viabilidad, logrando reducir el tiempo de navegación a menos de 20 segundos y la incorporación de 301 puntos de interés. La determinación de rutas fue considerada aceptable por el 71% de los usuarios, mientras que el acceso preciso se logró en el 91% de las pruebas realizadas. Sin embargo, un 9% de las pruebas no resultaron efectivas. Este proyecto destaca la utilidad de la realidad aumentada en entornos de salud, ofreciendo una solución innovadora para mejorar la orientación y experiencia de los pacientes dentro del hospital.

Palabras clave: RA, Sistema de navegación, puntos de interés.

ABSTRACT

The study focuses on the development of an indoor augmented reality (AR)-based mobile navigation application to enhance the patient experience at the Las Mercedes Regional Teaching Hospital. The main objective is to provide real-time information about the location and details of areas of interest within the hospital. To achieve this, an application was developed that maps efficient routes to points of interest and provides relevant information about hospital areas. The accuracy of the application was evaluated to ensure its feasibility, achieving a navigation time reduction to less than 20 seconds and the incorporation of 301 points of interest. Route determination was deemed acceptable by 71% of users, while precise access was achieved in 91% of tests conducted. However, 9% of the tests were not effective. This project highlights the utility of augmented reality in healthcare environments, offering an innovative solution to enhance patient orientation and experience within the hospital.

Keywords: AR, navigation system, points of interest.

INTRODUCCIÓN

Hacia finales del siglo XX, investigadores de la Universidad de Columbia desarrollaron un prototipo de realidad aumentada (RA) que combinaba tecnologías de realidad virtual y móvil para crear sistemas portátiles que puedan asistir a los usuarios en sus interacciones cotidianas con el entorno [1]. Un año después, el ingeniero Kekimoto mejoró la precisión de la RA mediante el uso de una combinación de marcadores visuales en forma de códigos de matriz 2D y una cámara de video [2]. Estos proyectos establecieron los fundamentos para la creación de sistemas de navegación de realidad aumentada, cuyo propósito es asistir a los usuarios en la exploración de su entorno.

La investigación en RA ha llevado al desarrollo de numerosas soluciones para mejorar la navegación en interiores. Una de ellas es la metodología propuesta por Rubio [3] que integra realidad aumentada y web semántica en dispositivos móviles, abarcando cuatro módulos: modelado espacial, gestión y estructuración de datos, posicionamiento y visualización de contenido. Se desarrolló una aplicación móvil para probarla en entornos académicos, modelando la estructura, rutas y lugares de dos edificios de diferentes instituciones. Los resultados indican la viabilidad del sistema y un interés positivo por sus funcionalidades por parte de los participantes.

Wikitude [4] aborda los desafíos de orientación en entornos desconocidos empleando RA. Gáloc [5] propone una solución de localización en el campus universitario mediante RA, permitiendo a los usuarios ver información pertinente sobre lugares de interés en dispositivos móviles. Esta propuesta mejora la experiencia del usuario y fomenta una mayor participación y compromiso de estudiantes y visitantes. En relación con soluciones alternativas que no emplean RA, Carrión [6] utiliza la infraestructura WiFi existente en el campus de la PUCP. La solución utiliza la técnica de Beacons para identificar la ubicación de un usuario móvil, tomando como referencia la señal proveniente de los puntos de acceso WiFi cercanos. Este sistema consigue determinar la ubicación del usuario dentro de un edificio del campus con una exactitud de hasta 3 metros, utilizando la infraestructura de red ya existente, lo que disminuye los gastos de implementación y adopción.

Por consiguiente, el presente estudio se lleva a cabo dentro del Hospital Regional Las Mercedes, una instalación médica que abarca un área de aproximadamente 23,431.24 m² y alberga 13 departamentos médicos especializados (anexo 4). De acuerdo con un análisis

previo realizado por el departamento de informática de la mencionada institución, entre los años 2018 y 2022, se brindó atención a un total de 364,193 pacientes, lo que equivale a un promedio anual de 113,438.6 pacientes (anexo 5). Este hospital presta servicios a la población de las localidades de Chiclayo, Ferreñafe y Lambayeque, cumpliendo así una función crucial en la atención médica de la región. Cabe destacar que, dentro de las distintas áreas del hospital, el departamento de Medicina Rehabilitadora se identifica como uno de los principales focos de citas médicas y atención a pacientes.

La falta de conocimiento sobre la ubicación de áreas clave, como laboratorios, tópicos y farmacias, es común incluso entre aquellos que han frecuentado el hospital durante cierto tiempo y que, en ocasiones, deben solicitar información sobre lugares desconocidos para ellos. Asimismo, un informe de satisfacción elaborado por el área de informática del hospital reveló que el 66.7% de los pacientes encuestados experimenta dificultades para determinar a dónde dirigirse al realizar trámites en el centro médico (anexo 6).

En este contexto, la solución tradicional para abordar los desafíos de orientación dentro del hospital consiste en colocar mapas en puntos estratégicos que proporcionen un listado de lugares relevantes junto con sus respectivas ubicaciones; sin embargo, esta solución presenta ciertas limitaciones. Los mapas requieren actualizaciones frecuentes debido a los cambios en la infraestructura y no proporcionan información detallada sobre la atención brindada por los médicos en cada área. Además, la implementación de estos mapas conlleva un costo adicional para la organización. Por otro lado, solicitar direcciones a personal del hospital es otra opción para orientarse, pero este enfoque puede generar indicaciones incorrectas o confusas y, en general, los visitantes rara vez preguntan por puntos de evacuación hasta que se enfrentan a una situación de emergencia que lo requiere.

Ante el panorama planteado, surgió la siguiente pregunta: ¿Es factible implementar una solución de navegación en interiores en el Hospital Las Mercedes que permita localizar con gran precisión áreas y zonas seguras, proporcionando información en tiempo real a los pacientes? Esta tesis, titulada "Aplicación Móvil de Navegación en Interiores basada en Realidad Aumentada para la Localización de Puntos de Interés en el Hospital Regional Docente Las Mercedes", se propone desarrollar una solución con varios objetivos fundamentales. Primero, se busca disminuir el tiempo requerido para llegar a los puntos de interés al trazar la ruta más eficiente. Segundo, se busca habilitar la consulta de información

sobre los puntos de interés y las áreas del hospital. Tercero, se intenta minimizar los errores en la traza de la ruta hacia los puntos de interés. Finalmente, se planea evaluar la precisión de la solución en el acceso a los puntos de interés para asegurar su viabilidad y evitar problemas técnicos o fluctuaciones durante su uso en situaciones cotidianas.

Resumiendo, se evidencia una dificultad para identificar áreas del hospital. Por consiguiente, aprovechando los avances en tecnología de RA aplicada a dispositivos móviles, este proyecto de tesis propone desarrollar una aplicación móvil auto gestionable que permita a los usuarios identificar lugares en el hospital Las Mercedes, brindando información en tiempo real, todo bajo una interfaz amigable y un rendimiento óptimo.

REVISIÓN DE LITERATURA

Antecedentes

Antecedentes internacionales

Dentro del contexto internacional y considerando los tres últimos años en la revisión de la literatura, encontramos a Huang [7], narra la problemática de navegación en interiores en entornos cerrados como hospitales, aeropuertos y estaciones de tren. Se aplicó la metodología de utilizar balizas Bluetooth de baja energía (Lbeacons) y Google ARCore para crear modelos 3D en realidad aumentada, logrando obtener la solución “ARBIN” para la problemática de navegación en interiores. El valor agregado de esta investigación es la capacidad de proporcionar una precisión de 3 a 5 metros y una buena capacidad de respuesta. Se ha valorado esta tesis porque trata el problema de la navegación en espacios cerrados y propone una solución que se basa en la realidad aumentada, la cual podría ser aplicada en hospitales y beneficiar a un gran número de usuarios que requieran orientación en su interior.

Laghzaoui [8], aborda la problemática de la navegación en interiores utilizando realidad aumentada y sistemas de posicionamiento en interiores (IPS). Aplicó una metodología que combina React Native, ViroReact, NestJS y Neo4j para desarrollar un sistema de navegación en interiores basado en AR, proporcionando una solución que guía a los usuarios dentro de edificios grandes y medianos mediante la visualización de rutas y señales en AR. El aporte de esta investigación es significativo, especialmente para pequeñas empresas, ya que puede servir como modelo aplicable en dicho contexto. Sin embargo, es importante mencionar que, a pesar de la versatilidad

de la tecnología React Native, que es multiplataforma y fácilmente adaptable, no ofrece un entorno de desarrollo 3D tan completo como Unity 3D.

Khan et al. [9] se enfocaron en resolver el desafío de la navegación dentro del campus universitario de Malakand mediante el uso de marcadores colocados en el techo del edificio, detectados por la cámara de un teléfono inteligente. El sistema proporciona información de ubicación en forma de audio y texto para guiar al usuario al reconocer cada marcador. La ruta óptima hacia un destino dado se encuentra siguiendo el camino más corto dentro de un edificio de uno o varios pisos. Además, el sistema es dinámicamente extensible, permitiendo la edición de rutas generadas y la incorporación de nuevos marcadores en el edificio. Esta investigación fue relevante ya que ilustra que los sistemas de navegación no deben centrarse exclusivamente en la realidad aumentada, dado que puede haber individuos con problemas de visión que también necesitan poder usar el sistema, y para eso se requieren módulos adaptados a sus necesidades.

Patronoudis [11], aborda la problemática de la navegación en interiores utilizando ARCore y Unity. Se aplicó la metodología de SLAM basada en ARCore para desarrollar un sistema de posicionamiento en interiores, logrando obtener una solución de navegación en interiores que muestra una flecha en la dirección que el usuario debe seguir. El valor agregado de esta investigación es la capacidad de proporcionar una guía de navegación en tiempo real sin necesidad de preparación previa, a diferencia de los IPS que utilizan WiFi o Bluetooth. Esta investigación fue tomada en cuenta ya que la solución sugerida aconseja no instalar el sistema de navegación en las escaleras de los edificios, dado que podría causar accidentes cuando las personas intentan ascender o descender entre los pisos.

Antecedentes nacionales

La investigación de Carrión fue una de las fuentes de inspiración fundamentales entre los estudios nacionales realizados, este tesista se ocupa del desafío de visualizar puntos de interés en un campus universitario mediante la realidad aumentada, basándose en un sistema de navegación implementado en la Pontificia Universidad Católica del Perú [5]. Se aplicó la metodología de desarrollo de una aplicación móvil llamada "Descubre PUCP", utilizando herramientas como Wikitude y

Java, una solución que suministra información unificada de sitios y eventos en el campus universitario mediante el uso de tecnologías de realidad aumentada y mapas. Esta investigación fue considerada ya que ayudaría a los visitantes o a los nuevos empleados a encontrar rápidamente la ubicación deseada, reduciendo la posibilidad de interrupciones o retrasos.

Por otro lado, Agüero [12] desarrolló un sistema de información que emplea la realidad aumentada y mapas con el fin de simplificar la localización de tiendas en centros comerciales en Perú. Este sistema, además de proporcionar información sobre la ubicación y características de los establecimientos, incorpora elementos de social-commerce para fomentar la interacción y retroalimentación de los usuarios. Esta investigación se tomó en cuenta debido a que, similar a un hospital, habría múltiples usuarios del sistema, por lo que es esencial contar con un servidor bien organizado capaz de manejar la carga de trabajo en un día ordinario en un contexto peruano.

A pesar de que Perú no dispone de un amplio cuerpo de investigaciones en el campo de la navegación interior, la colaboración con la firma española Situm ha propiciado la exitosa aplicación de esta tecnología en el principal punto de entrada al país, mejorando así los servicios y la experiencia de los pasajeros al proporcionar una aplicación de navegación interior de alta precisión [13]. Este logro establece un precedente en la implementación de sistemas de navegación interior en Sudamérica, situándose al nivel de otros aeropuertos de relevancia global que han adoptado dicha innovación.

Antecedentes nacionales

Bonilla [14] se centró en la creación de un sistema de geolocalización en vivo para el transporte escolar en Chiclayo, a raíz de la brecha de comunicación entre escuelas, padres y conductores. Usaron la tecnología Arduino para construir el módulo de geolocalización y desarrollar un sistema en línea y una aplicación móvil para administrar los datos de los estudiantes y las unidades de transporte, así como para monitorear su ubicación en tiempo real. Este proyecto es valioso para mejorar la comunicación y supervisión en el servicio de transporte escolar. Esta investigación fue tomada en cuenta porque propone un estudio con potencial para aplicaciones

comerciales, lo cual podría contribuir a la sostenibilidad de los sistemas de navegación en el mercado.

Bases teórico-científicas

En esta sección, vamos a describir los términos básicos, incluyendo la realidad aumentada (RA), y los diferentes conjuntos de herramientas que serán utilizados para el desarrollo de la solución:

Puntos de interés dentro de los hospitales

Para comprender la relevancia de los puntos de interés (PDI) en un entorno hospitalario, es crucial entender su significado. Los PDI, como indica Garmin [15], representan ubicaciones específicas de interés para un usuario, fundamentales para cualquier aplicación móvil basada en ubicación.

En el contexto del Hospital Regional Docente Las Mercedes, los PDI toman la forma de servicios específicos que pueden ser de interés para los usuarios de la aplicación móvil. Según Barea [27], un hospital promedio ofrece una serie de servicios que podrían ser considerados PDI, pero los más relevantes para nuestra aplicación son los servicios higiénicos, las farmacias y los consultorios de los doctores. Estos lugares serán de particular interés para los usuarios de nuestra aplicación, ya que son los sitios que más se visitan.

El Hospital Regional Docente Las Mercedes, clasificado como un hospital de atención especializada con internamiento de categoría II-2 de acuerdo con la resolución ministerial número 546 emitida por el Ministerio de Salud [28], ofrece una variedad de servicios que reflejan su complejidad y tamaño. Sin embargo, para nuestra aplicación móvil, nos centraremos en los PDI que son más relevantes para nuestros usuarios, como los lugares de trámites, buscando ofrecer una experiencia de usuario óptima y eficiente.

Métodos de los sistemas de navegación

En el desarrollo de la aplicación de navegación en interiores en el hospital Regional Docente las Mercedes, es crucial analizar los diversos sistemas de navegación existentes. Estos sistemas, según Laghzaoui [8], surgieron para satisfacer la necesidad de ubicación rápida y eficiente.

Los sistemas de posicionamiento global (GPS) y los de posicionamiento local (LPS) son dos categorías principales. El GPS, basado en una red de satélites, tiene limitaciones en precisión que lo hacen menos ideal para nuestro propósito. En cambio, los LPS, como los mencionados por Narzullaev [21] y Winter [22], proporcionan soluciones más precisas y adaptadas a entornos específicos, aunque se dividen en dependientes e independientes de la infraestructura.

Particularmente, los LPS independientes de la infraestructura, que utilizan técnicas de visión por computadora, son de especial interés para nuestra aplicación. Como Khan [9] señala, estos sistemas son precisos, de bajo costo y rápidos de instalar, y pueden utilizar métodos con o sin marcadores.

Sin embargo, como indica mobidev [23], aunque estos sistemas de realidad aumentada son precisos, su implementación y mantenimiento pueden tener costos elevados. Por lo tanto, es esencial evaluar la mejor relación costo-beneficio para nuestra aplicación, considerando tanto la precisión como la viabilidad económica.

Sistema de marcadores

El sistema de marcadores tiene un papel significativo en el funcionamiento de la aplicación para las Mercedes. Este sistema utiliza puntos de referencia, como códigos QR o señales específicas, para establecer la posición de la cámara en relación con el entorno físico.

Aunque este método puede presentar desafíos, ha demostrado ser eficaz en la práctica. Por ejemplo, Raccoons [11] aplica este sistema en su solución de navegación. Las señales se almacenan previamente en la memoria interna del dispositivo móvil o en una base de datos externa, lo que permite una referencia rápida y eficiente durante la navegación.

En el contexto de nuestra aplicación móvil, este sistema de marcadores se utilizará para ayudar a los usuarios a localizar los puntos de interés dentro del Hospital Regional Docente Las Mercedes, mejorando así su experiencia de navegación en interiores.

Desafíos en el uso de sistemas de marcadores

En la implementación de sistemas de marcadores para la aplicación se pueden presentar ciertos desafíos. Según Ibáñez [17], estos desafíos pueden ser variados, pero

los más relevantes para nuestra aplicación son la identificación de objetos en función del ángulo de la cámara y la iluminación, y el seguimiento de los puntos de referencia.

El ángulo de la cámara y la iluminación pueden afectar la capacidad de identificar correctamente los marcadores, lo que podría llevar a errores en la navegación. Además, si se pierden los puntos de referencia, puede ser complicado retomar el seguimiento correcto.

Estos desafíos son especialmente pertinentes en ambientes no regulados, como el Hospital Regional Docente Las Mercedes, donde los puntos de referencia no son conocidos de antemano. A pesar de estos desafíos, el sistema de marcadores sigue siendo una herramienta valiosa para nuestra aplicación, y es esencial trabajar en soluciones a estos problemas para optimizar la experiencia de navegación en interiores de los usuarios.

Algoritmos de navegación

En la aplicación de navegación, el uso de algoritmos de navegación es fundamental. En particular, el algoritmo A* (A estrella), destacado por Ramanda [29], es notable por su eficiencia en la búsqueda de rutas.

Aunque existen múltiples algoritmos para hallar el camino más corto, como Dijkstra, A* se destaca por su precisión superior. Este algoritmo utiliza una heurística para estimar el costo mínimo desde cualquier nodo hasta el objetivo, lo que mejora significativamente su rendimiento.

A pesar de las posibles limitaciones, como la necesidad de memoria significativa y el rendimiento en gráficos densos o con costos uniformes, A* sigue siendo altamente aplicable en diversas áreas de la informática debido a su completitud y eficiencia. En el contexto de nuestra aplicación, este algoritmo permitirá a los usuarios encontrar la ruta más rápida y eficiente hacia los puntos de interés dentro del Hospital Regional Docente Las Mercedes.

Principios de la Realidad Aumentada

La Realidad Aumentada (RA) es una herramienta tecnológica que superpone información digital en el mundo real, ofreciendo una vista mejorada y enriquecida de nuestro entorno. Azuma [25] resalta que esta tecnología permite visualizar y analizar contenido digital en tiempo real, lo que es esencial para el propósito de esta tesis. En el contexto de la navegación interior, la RA puede utilizarse para superponer

indicaciones de navegación y puntos de interés en tiempo real en la visión del usuario. Esto puede mejorar enormemente la experiencia del usuario al navegar en interiores, como en un hospital, al proporcionar información visual intuitiva y en tiempo real para ayudar al usuario a localizar su destino.

Desafíos de la Realidad Aumentada

A pesar de los potenciales beneficios de la RA en la navegación interior, existen ciertos desafíos que deben superarse. Como señala Cárdenas [30], estos desafíos incluyen la dependencia de dispositivos de alta tecnología, el nivel variable de inmersión que ofrecen los dispositivos actuales, y la precisión de los datos de localización. En el contexto de esta tesis, estos desafíos implican que debemos asegurarnos de que nuestra aplicación pueda funcionar eficazmente en una variedad de dispositivos y situaciones. Además, deberemos trabajar para garantizar que nuestra aplicación proporcione una experiencia de RA inmersiva y precisa, lo que es esencial para su eficacia como herramienta de navegación en interiores. También deberemos considerar las cuestiones de privacidad al implementar esta tecnología, para garantizar que se respeten los derechos de los usuarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de investigación

Este estudio es considerado una investigación tecnológica aplicada, respaldado por Hernández [31], centrado en el desarrollo de un prototipo de sistema de navegación interior en contextos educativos para abordar el desafío planteado. Además, se adoptó un enfoque cuantitativo, permitiendo la recopilación y análisis de datos numéricos para abordar el desafío planteado.

Diseño de investigación

Se Realizaron una contrastación de diseño pre-experimental [31], en la cual se administraron pruebas antes y después de implementar el sistema de navegación. Los métodos de investigación que se utilizarán son los siguientes:

TABLA I
MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

GRUPO 1 PRE- EXPERIMENTAL (G1)	PRE – TEST (O1)	X	POST – TEST (O2)
	Grupo 1, compuesto por los pacientes del hospital que fueron evaluados antes del aplicativo móvil.	Solución Tecnológica	Evaluación subsiguiente del Grupo 1 tras la implementación y adopción del aplicativo móvil

Población y muestra

En este escenario, la población se compone de 30 pacientes del hospital Las Mercedes. También, se recopilaron datos de 15 pacientes, los cuales se utilizarán en un pre-test y un post-test.

Operacionalización de variables

En la formulación de la hipótesis, se han identificado las siguientes variables fundamentales: como variable independiente, un aplicativo móvil de navegación en interiores basado en realidad aumentada; y como variable dependiente, la localización de puntos de interés dentro del Hospital Regional Docente Las Mercedes. El estudio busca determinar la influencia del uso del aplicativo móvil en la capacidad de los usuarios para ubicar áreas específicas de interés dentro de las instalaciones hospitalarias.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

A continuación, se presenta en la tabla siguiente las técnicas y herramientas utilizadas para recopilar los datos de manera efectiva: la técnica de observación, empleando una ficha de observación en los planos del hospital y la ubicación de los puntos de interés con el propósito de recopilar datos para comprender las dificultades en la navegación y localización; y la técnica de entrevista, mediante una guía de entrevista aplicada al personal médico y administrativo del hospital con el fin de obtener información adicional relevante.

Procedimientos

Metodología de desarrollo

En el marco de esta investigación, se seleccionó SCRUM como la metodología de desarrollo. Esta metodología se caracteriza por su enfoque en sprints o iteraciones cortas, lo que facilita la planificación y gestión de proyectos sujetos a cambios frecuentes. Además, SCRUM se centra en cumplir con las necesidades precisas del usuario final, permitiendo una revisión y ajuste rápidos de los productos entregados en relación con los requerimientos del usuario [34].

Comienzo: Se llevaron a cabo las siguientes tareas fundamentales: determinar y catalogar las historias de usuario requeridas, fijar la jerarquía de prioridad de las historias de usuario, y agrupar las historias de usuario en Sprints. Estas actividades sentaron las bases para el desarrollo del proyecto, estableciendo los requisitos iniciales y su orden de importancia, así como organizándolos en bloques de trabajo más manejables.

Planificación y proyección: Se realizaron los siguientes pasos: calcular el tiempo requerido para finalizar cada sprint, planear el desarrollo de las funcionalidades para cada sprint, y definir metas y objetivos para cada script. Esta fase implicó una cuidadosa estimación de los recursos y esfuerzos necesarios, así como la planificación detallada de las tareas a llevarse a cabo en cada ciclo de trabajo.

Ejecución y Verificación: Se ejecutaron las siguientes acciones: preparar los productos entregables, conducir reuniones diarias para revisar el avance y discutir problemas, y ajustar el Backlog para priorizar los elementos más críticos. En esta etapa, se materializaron los planes previamente trazados, manteniendo un seguimiento constante del progreso y realizando los ajustes necesarios para garantizar la entrega exitosa de los resultados esperados.

Producto acreditable

Para la construcción de las interfaces del sistema de navegación, se emplearon diversas herramientas y tecnologías. Se utilizó el lenguaje de programación C#, la plataforma de videojuegos Unity 3D con la base de datos Firebase para el almacenamiento y gestión de información, y librerías

adicionales como XZing, NavMesh y Amazon Polly. Asimismo, se diseñó una arquitectura cliente-servidor con una API que permite la comunicación entre la aplicación Unity 3D y Firebase, garantizando así una transferencia de datos efectiva y en tiempo real entre el servidor y el cliente.

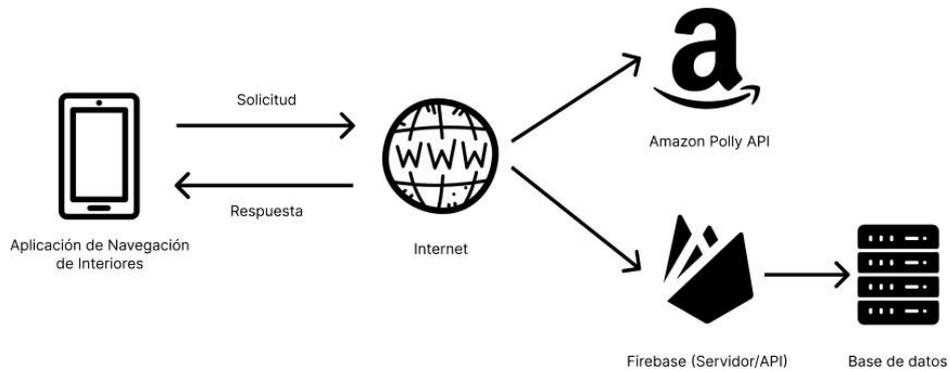


Figura 1. Arquitectura cliente-servidor

En cuanto a la infraestructura tecnológica, la interacción de los usuarios con la aplicación se efectúa mediante dispositivos Android 10 o versiones superiores, empleando Unity y C# para ofrecer una interfaz intuitiva y ágil. El servidor web, configurado con Firebase, posibilita el uso de una base de datos NoSQL que optimiza la velocidad de las transacciones y atiende las peticiones de los usuarios. Además, se utiliza una versión adaptada del algoritmo A* junto con la funcionalidad Navmesh de Unity 3D, que es una malla de navegación empleada en inteligencia artificial para asistir en la búsqueda de caminos dentro de entornos complejos.

Matriz de consistencia

TABLA II
MATRIZ DE CONSISTENCIA

<u>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</u>		<u>MÉTODOLÓGIA DE INVESTIGACIÓN</u>		
¿La implementación de un aplicativo móvil de navegación de interiores basada en realidad aumentada permitirá la localización de puntos de interés en el Hospital Regional Docente Las Mercedes?		<u>TIPO DE INVESTIGACIÓN</u> Tipo aplicada con enfoque cuantitativo		
<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>MÉTODO</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>		
Implementar un aplicativo móvil de navegación de interiores basada en realidad aumentada para localización de puntos de interés en el Hospital Regional Docente Las Mercedes.	Analítico	Examen y evaluación detallada de la problemática que enfrenta la organización.		
	Deductivo	Método para formular una solución propuesta al problema identificado.		
	Implementación	La solución propuesta será llevada a cabo y puesta en práctica.		
	<u>TÉCNICAS</u>	<u>INSTRUMENTOS</u>	<u>ELEMENTOS DE LA POBLACIÓN</u>	<u>PROPÓSITO</u>
	Observación	Fichas de Observación	Planos del hospital, ubicación de los puntos de interés	Recopilar datos para comprender las dificultades en la navegación y localización
	Entrevista	Guía de entrevista	Personal médico y administrativo del hospital	Obtener información
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>DESCRIPCIÓN DEL LOGRO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>		<u>INDICADORES</u>	
Reducir el tiempo de acceso a los puntos de interés a través de la determinación de la ruta viable.	Este objetivo se logra implementando algoritmos de navegación eficientes, como el A*, que permiten la determinación de la ruta más corta y viable hacia los puntos de interés.		Promedio de tiempo requerido para llegar a los puntos de interés con y sin el uso del aplicativo móvil.	
Permitir la búsqueda de información de los puntos de interés y áreas del hospital.	Mediante la aplicación móvil, los usuarios tienen la capacidad de buscar datos relacionados con áreas destacadas dentro del hospital. La aplicación les brinda la posibilidad de obtener información detallada sobre los servicios disponibles, horarios de atención y otros datos relevantes.		Número de búsquedas exitosas realizadas por los usuarios.	
Reducir los errores en la determinación de la ruta a los puntos de interés.	Gracias a la utilización del algoritmo de navegación A*, se minimizan los errores en la determinación de las rutas, proporcionando a los usuarios direcciones precisas a los puntos de interés.		Número de errores en la determinación de la ruta de los puntos de interés.	
Evaluar la precisión de acceso a los puntos de interés para garantizar que sea viable y no genere problemas técnicos y fluctuaciones durante escenarios habituales.	Se realiza una evaluación continua de la precisión de acceso a los puntos de interés, asegurando la viabilidad de la aplicación y minimizando problemas técnicos y fluctuaciones.		Porcentaje de precisión en el acceso a puntos interés y número de incidencias técnicas reportada por los usuarios.	

Aspectos éticos

Para asegurar la protección y bienestar de los participantes, tanto pacientes como personal del centro de salud, se han implementado diversas medidas de seguridad. Estas incluyen protocolos de cifrado para contraseñas, exigencia de presentar el Documento de Identidad Nacional (DNI) durante el acceso al sistema para supervisar la identificación y movimientos de usuarios, evitar la inclusión de datos personales sensibles al registrar información de puntos de interés, y consultar a expertos para evaluar la viabilidad y eficacia del sistema en el entorno hospitalario antes de su implementación. Estas precauciones buscan garantizar la privacidad, integridad de la información y bienestar de todos los involucrados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

SPRING 1: Planificación

En el comienzo del desarrollo del sistema de navegación, se tomó en consideración las múltiples maneras en el que el usuario podría navegar por el nosocomio con las limitaciones que sea de bajo costo y que sea accesible para la mayor cantidad de usuarios. Una alternativa es la utilizar la realidad aumentada debido a que ofrece una experiencia inmersiva con la ventaja de utilizar bajos costos en servidores.

Lo primero, es disponer de los planos oficiales y actuales de la organización. Esta debe corresponder a las medidas reales, además se deben eliminar los nombres de los lugares debido a que estos serán agregados por el sistema. Para llevar a cabo el desarrollo en realidad aumentada, se necesita un kit de desarrollo de software (SDK) específico para esta tecnología. Según una fuente, Vuforia es una opción popular, aunque tiene la desventaja de requerir pagos adicionales para eliminar la publicidad. Una alternativa a considerar es ARCore, una solución proporcionada por Google, que ha demostrado resultados prometedores en su implementación.

Es importante tener en cuenta que el SDK de Google utiliza el algoritmo SLAM (localización y modelado simultáneos), que se emplea comúnmente en robots o vehículos autónomos para crear un mapa en un entorno desconocido, lo cual significa que no todos los dispositivos son compatibles con él. En los dispositivos móviles se utiliza el uso de sensores (giroscopio, acelerómetro, brújula) y el uso de la cámara (para detectar

características en imágenes que ayuden a detectar la posición y el movimiento del usuario). Para enterarnos que dispositivos son compatibles con esta tecnología, debemos visitar la página oficial de ARCore devices, <https://developers.google.com/ar/devices>.

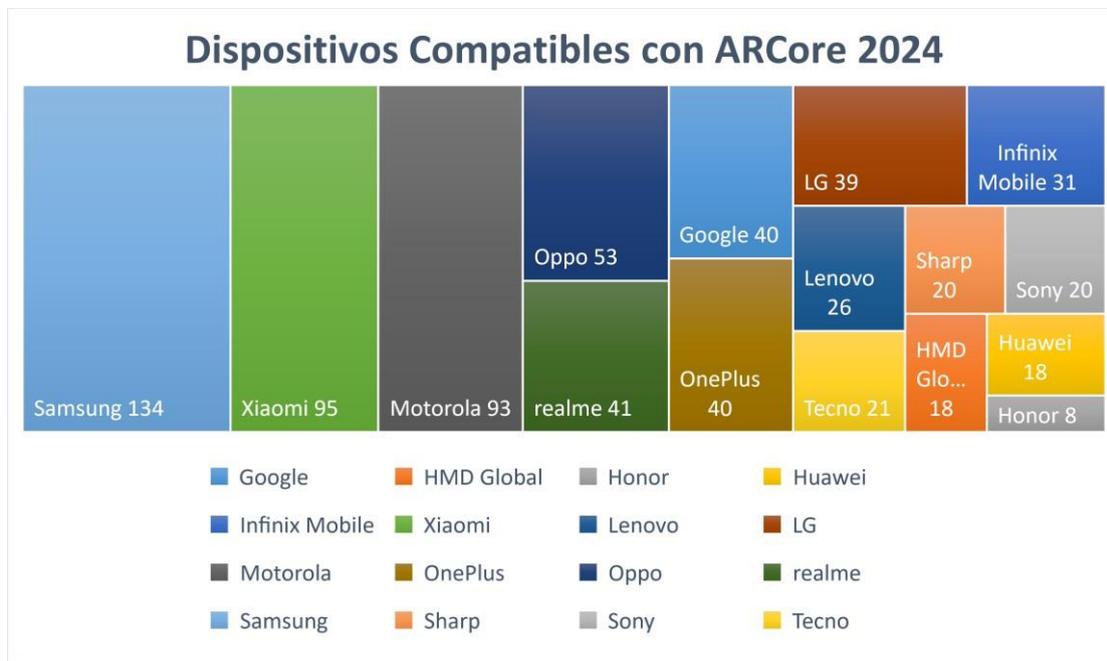


Figura 2. Gráfico de las marcas de los dispositivos móviles compatibles con ARCore

Como siguiente paso, debemos modelar nuestro plano de dos dimensiones a tres dimensiones, el motivo lo explicaremos más adelante. Podemos utilizar una de las diferentes herramientas como Cinema 4D, Autodesk Maya o Blender siempre y cuando puedan exportar en FDX (un formato utilizado para intercambiar geometría 3D y datos de animación). Se utilizó Blender debido a que es gratuito y cómodo de usar. Debemos respetar las dimensiones del modelo 3D con el del mundo físico, puesto que un error en la digitalización podría afectar la precisión del sistema de navegación. No considerar este proceso puede ser un enfoque erróneo. Aunque es posible agregar muros en Unity 3D (Motor de videojuegos), es recomendable seguir esta práctica, ya que resulta beneficioso tanto para el rendimiento como para edificios con arquitectura compleja.

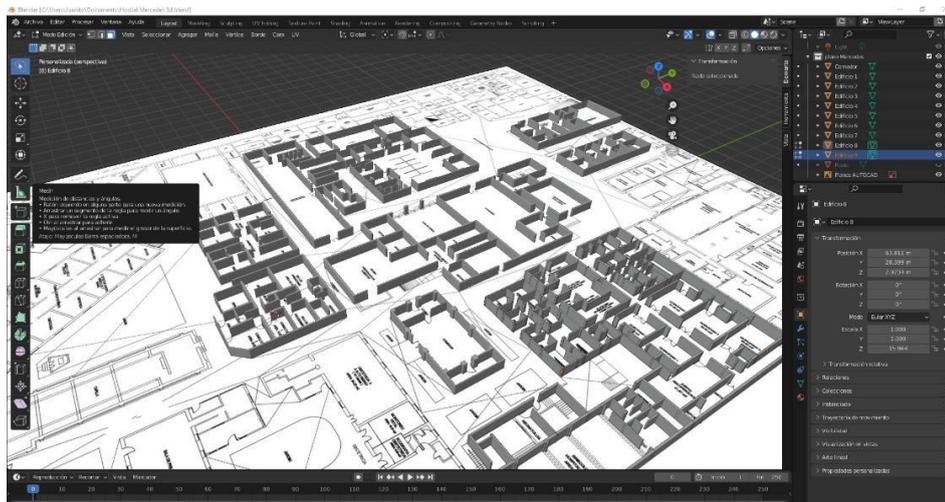


Figura 3. Modelando el Hospital Docente Las Mercedes en Blender

Después de eso, se utiliza el software Unity para integrar todos los recursos fabricados. Se consideró oportuno antes de realizar las pruebas en el hospital, primero realizarlas en un departamento de $90m^2$.

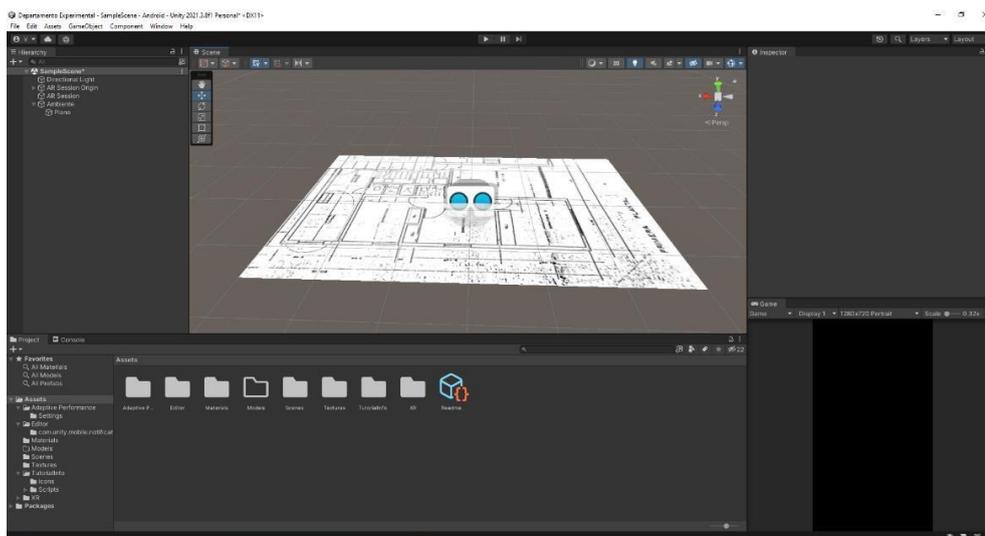


Figura 4. Desarrollo en Unity 3D

Al concluir con estas actividades, debemos considerar también un algoritmo de navegación. Uno mejores algoritmos es el A* (A estrella) y es el más eficiente de los métodos de búsqueda de caminos. En realidad, hay numerosos algoritmos para encontrar el camino más corto entre dos nodos, como la mejor primera búsqueda de Dijkstra [6]. Sin embargo, el A* es el resultado de la combinación de estos dos algoritmos. Esto mejorará la eficiencia y la precisión de A*.

Una de las numerosas funcionalidades incorporadas que ofrece Unity 3D es el algoritmo A* incluido en los componentes NavMesh (malla de navegación), que permite generar una malla sólida y encontrar rutas óptimas dentro de los edificios. Los componentes NavMesh son de código abierto y utilizando esta malla de navegación, el sistema de navegación puede generar objetos de realidad aumentada que se pueden colocar y mover fácilmente dentro del entorno del escenario. Además, la malla de navegación se crea automáticamente a partir de la geometría de la escena del modelo 3D previamente creado en Blender.

Es posible que el usuario se encuentre con obstáculos o impedimentos en el camino mientras se desplaza por el hospital. Las propiedades NavMesh, además de proporcionar una ruta alternativa, permiten identificar estos obstáculos y cambiar la posición de los objetos de realidad aumentada utilizados, como flechas o líneas de dirección. De esta manera, se puede garantizar que el usuario tenga una experiencia de navegación fluida y sin interrupciones.

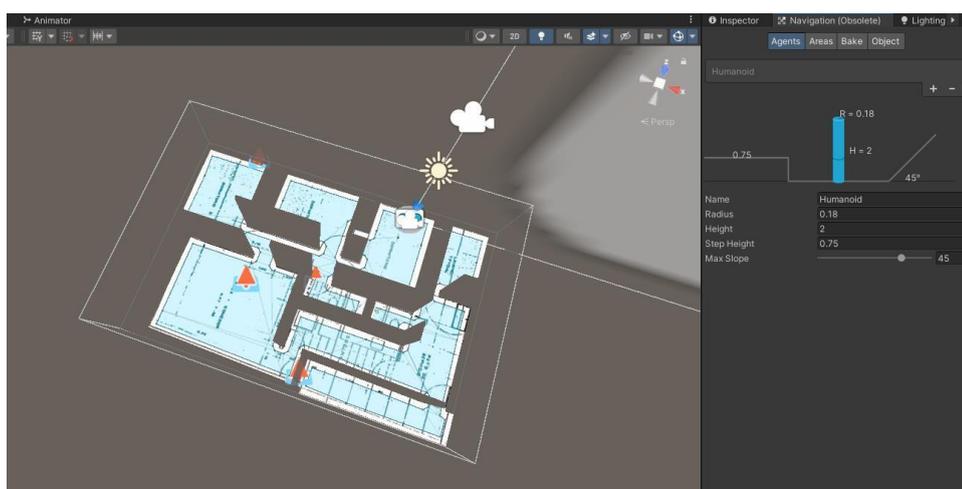


Figura 5. Aplicación de la malla de navegación (NavMesh) en el departamento

Para comprobar que la navegación funciona. Se colocó los marcadores en cada habitación del departamento (representado por cubos de color verde), normalmente estos son situados en los lugares claves desde donde es más probable que transiten los usuarios. Es el propio usuario quien decide su destino del cuadro desplegable, estableciendo de esa manera el lugar de inicio y el destino. Para las primeras pruebas se consideró como punto de inicio la habitación número 3.

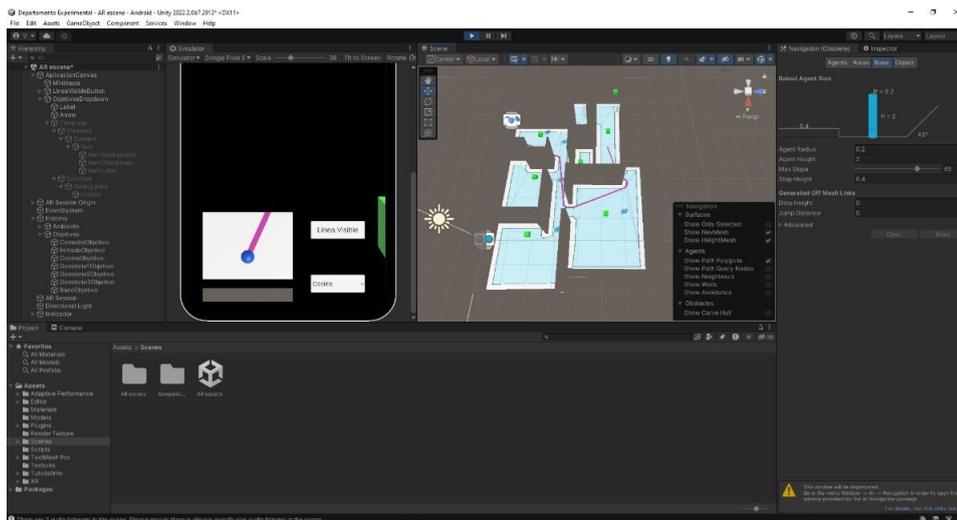


Figura 6. Demostración de la ruta optima

El siguiente paso del proceso implica reemplazar los marcadores de la escena por códigos QR. Para lograrlo, se requiere utilizar la librería Zxing, la cual se emplea para reconocimiento de imágenes y permite codificar la imagen fija en un conjunto de bytes, lo que permite su análisis por parte del aplicativo. De esta manera, el usuario puede apuntar su cámara perpendicularmente al código QR para ubicarlo en el entorno real y reemplazar la posición y rotación del dispositivo móvil con la del marcador correspondiente, siempre y cuando se concedan los permisos necesarios para activar la cámara.



Figura 7. Conjunto de marcadores QR utilizados

SPRING 2: Implementación

Para agregar los datos, se requirió el uso de una base de datos. Dado que se realizarán múltiples consultas y se busca utilizar un modelo no relacional, se optó por Firebase, que

ofrece una base de datos llamada RealTime Database. Esta fue utilizada para almacenar toda la información requerida sobre los lugares.

```

Firebase
|
+-- Contador
|   +-- QR1: 10
|   +-- QR2: 5
|   ...
|
+-- Lugares
|   +-- 101
|       +-- Descripcion: "Lugar de almacenamiento."
|       +-- Edificio: "Edificio 1"
|       +-- IdLugares: "101"
|       +-- Lugar: "ÁREA DE ALMACENAMIENTO"
|       +-- estado: "Estado:"
|
|   +-- 102
|       +-- Descripcion: "Almacenamiento y distribución de productos farmacéuticos"
|       +-- Edificio: "Edificio 1"
|       +-- IdLugares: "102"
|       +-- Lugar: "GESTION DE PROGRAMACION DE ALMACEN ESPECIALIZADO"
|       ...
|   ...
|
+-- Marcadores
|   +-- Bano
|       +-- posicionx: "51.67"
|       +-- posicions: "2.71"
|       +-- posicionz: "-2.73"
|       +-- rotaciony: "315.00"
|       ...
|
+-- Visitas
|   +-- 002
|       +-- dni: 98765432
|       +-- hora: "2023-04-09T12:30:00Z"

```

Figura 8. Modelo de base de datos NoSQL

En el apartado del administrador, se registraron todos los 301 puntos de interés para permitir su modificación desde la aplicación. Esto incluye la capacidad de modificar los puntos de interés, las posiciones de los marcadores y los datos de información.

A continuación, se han diseñado rutas de escape que conducen a las áreas seguras del hospital. El usuario tiene la opción de desactivar esta función si lo desea. Debido a la antigüedad de los edificios del hospital, no ha sido factible establecer amplias zonas seguras. Si bien se ha considerado la inclusión de estas zonas en la navegación con realidad aumentada, debido a la complejidad y riesgo asociados, se ha decidido no incorporarlas en este proyecto. No obstante, se han añadido las áreas seguras como puntos de interés seleccionables siguiendo los siguientes criterios:

- Tener una distancia considerable a un edificio de más de dos pisos.

- Tener un área superior a $30m^2$.

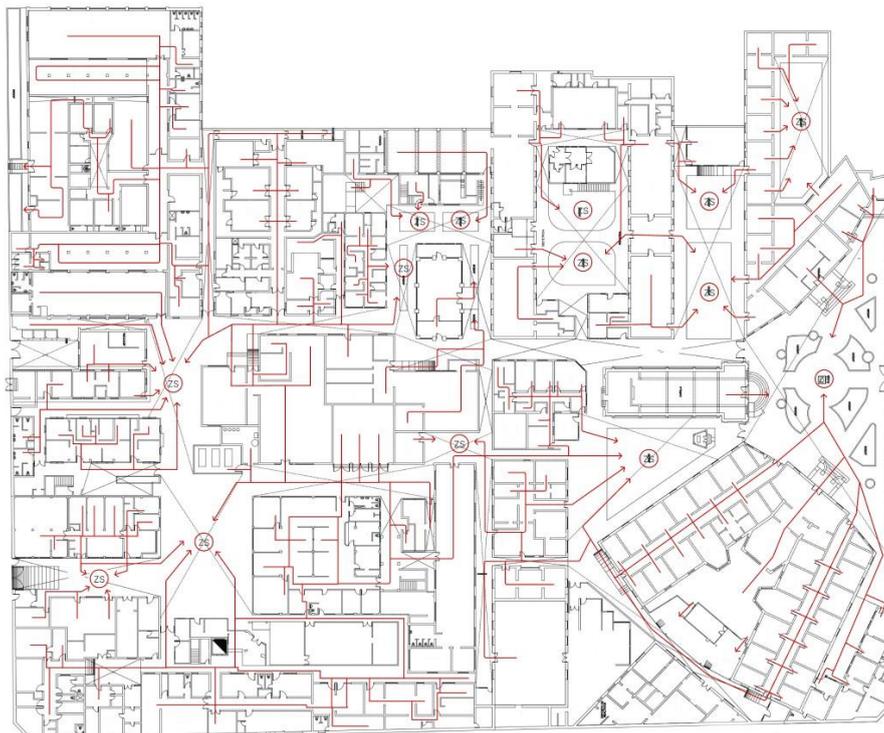


Figura 9. Diseño de las zonas seguras y rutas de escape



Figura 10. Diseño de las zonas seguras y rutas de escape en Unity 3D

Se instalaron 7 marcadores alrededor del hospital Las Mercedes con el propósito de evaluar y facilitar el acceso del usuario al sistema de navegación con AR. Se aplicaron los siguientes criterios para su ubicación:

- Los marcadores se colocaron cerca de zonas seguras.

- Los marcadores se seleccionaron de manera que cumplan con la ruta de entrada por la Avenida Grau o la Avenida Luis Gonzáles.
- En caso de pérdida de conexión del sistema, los marcadores se eligieron de manera que sean fácilmente visibles para poder volver a escanearlos.

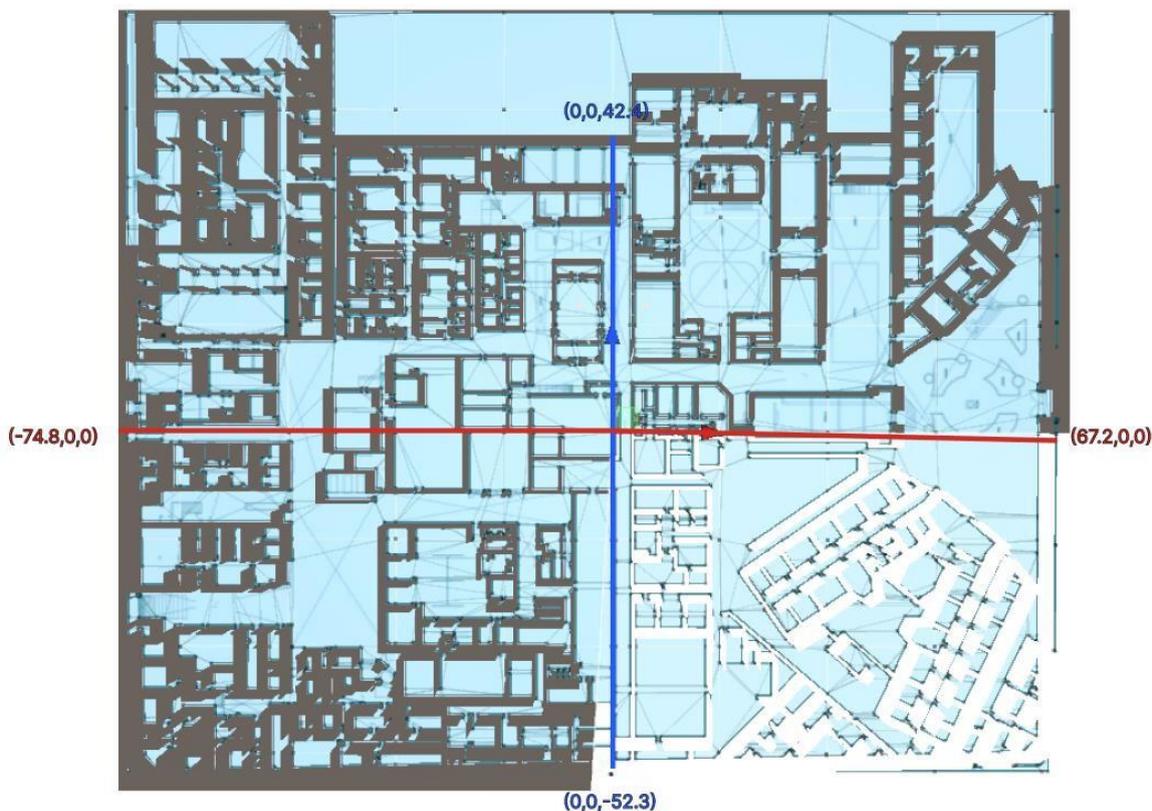


Figura 11. Coordenadas del mapa 3D del Hospital Las Mercedes

Es importante tener en cuenta que el punto de origen de la realidad aumentada se establece en $[0,0,0]$. Por lo tanto, cada lugar dentro de los parámetros establecidos tiene su propia posición y rotación individual.

Dada la naturaleza dinámica del sistema de navegación de interiores, resulta imprescindible contar con la capacidad de modificar los puntos de interés. Esta funcionalidad permite realizar ajustes y actualizaciones según las necesidades y cambios que puedan surgir en el entorno hospitalario.

La capacidad de modificar los puntos de interés brinda flexibilidad y adaptabilidad al sistema, permitiendo a los administradores o responsables del sistema realizar ajustes

pertinentes en función de la evolución y las necesidades específicas del Hospital Las Mercedes en Chiclayo. Así, se garantiza que los usuarios siempre cuenten con información actualizada y precisa sobre los diferentes puntos de interés dentro del hospital.

Los resultados deben ser presentados siguiendo el orden de las etapas planteadas en la metodología o la secuencia de los objetivos específicos. Debe ser una redacción clara, precisa y concisa de los hallazgos significativos así como de los comportamientos especiales de las variables estudiadas. Para su explicación se apoya en tablas, figuras y pruebas estadísticas; las cuales no deben exceder a un número mayor a 15.

La discusión debe corresponder a la secuencia empleada para presentar los resultados, analizando, en cada caso, posibles causas y comparándolos con resultados de otros autores si los hubiere. Así mismo la discusión puede presentar principios, relaciones y teorías que puedan ser sustentadas por los resultados obtenidos.

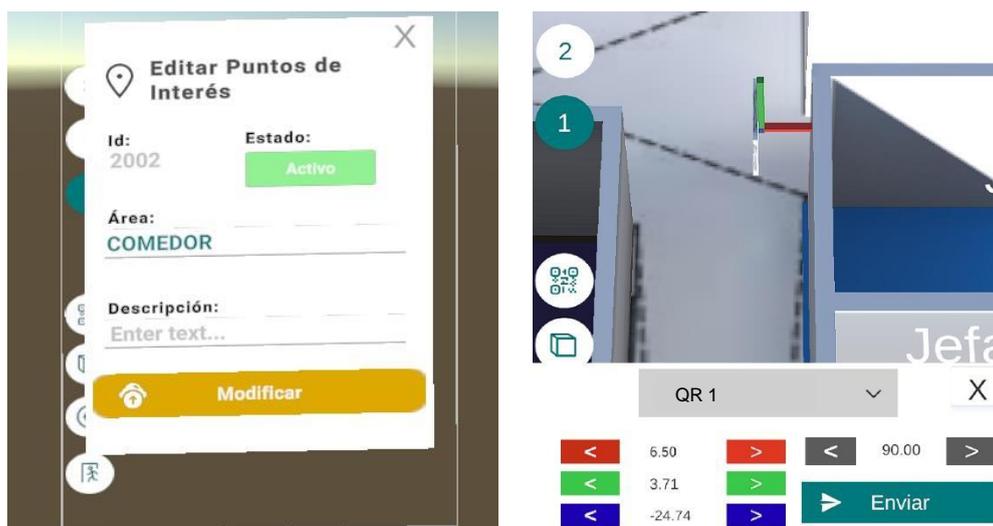


Figura 12. Modificación de los puntos de interés

SPRING 3: Lanzamiento

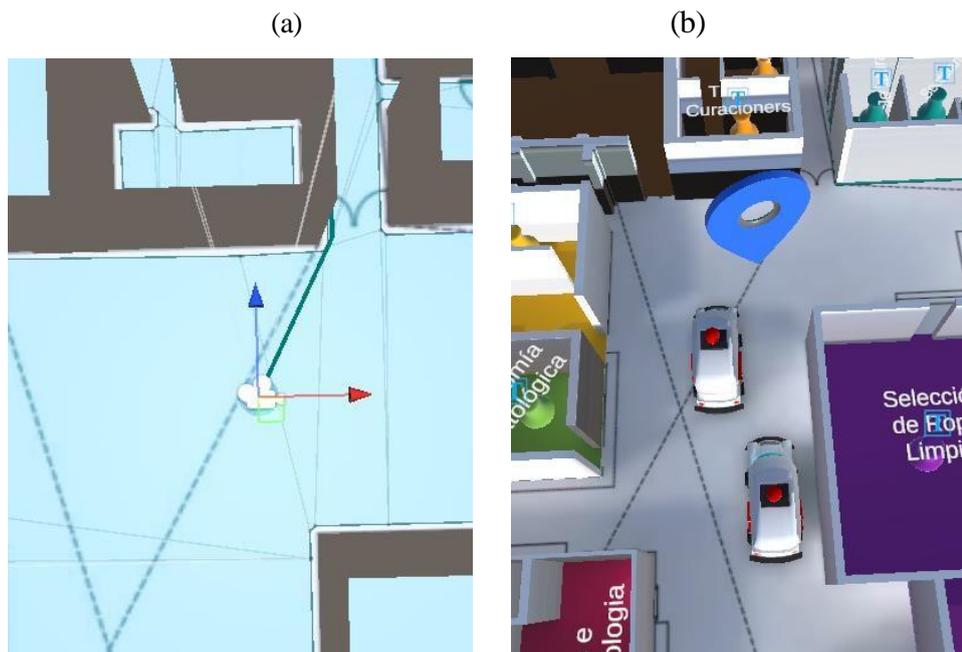


Figura 13. Restauración de la escena de mapa 3D con la posición del usuario

(a) Muestra la ruta en el sistema de navegación de realidad aumentada, (b) Muestra la posición en el mapa 3D.

En el estudio de Ukida [33], se concluyó (aunque con un porcentaje muy bajo) que el sistema de navegación no siempre es completamente preciso. Para abordar este problema, es fundamental contar con un mapa 3D conectado al escenario de realidad aumentada. Esto permite que, en caso de que el usuario pierda la señal hacia su destino, pueda detener el sistema y visualizar su posición actual en el mapa.



Figura 14. Asignación de una ruta inaccesible por el usuario

El algoritmo A* es conocido por encontrar la ruta más corta, incluso si implica atravesar edificios (siempre y cuando la ruta no esté bloqueada en la malla de navegación). Afortunadamente, existe una solución para este problema. Se implementarán obstáculos dinámicos que se desactivarán únicamente en los edificios donde se encuentre el punto de interés seleccionado. Para lograr esto, se utilizará el componente "Nav Mesh Obstacle" con la opción "Carve".

(a)



(b)



(a)

(b)

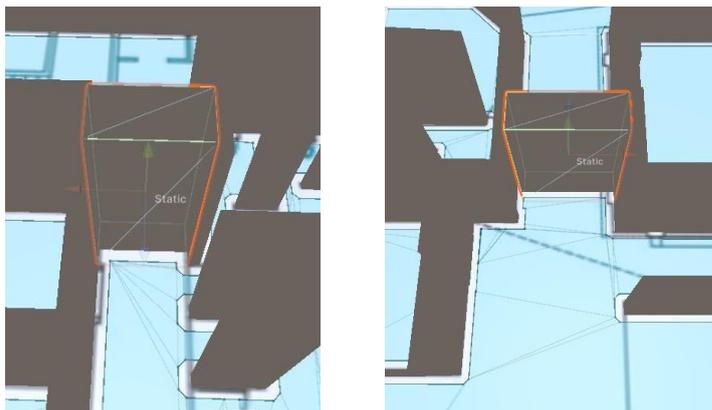


Figura 15. Ruta inaccesible por el usuario

De la misma manera ocurre con las rejas o portones inaccesibles por el usuario, como no están relacionadas a ningún edificio, se les ha asignado como obstáculos estáticos. Hasta que se decida remover por medio de una nueva actualización.

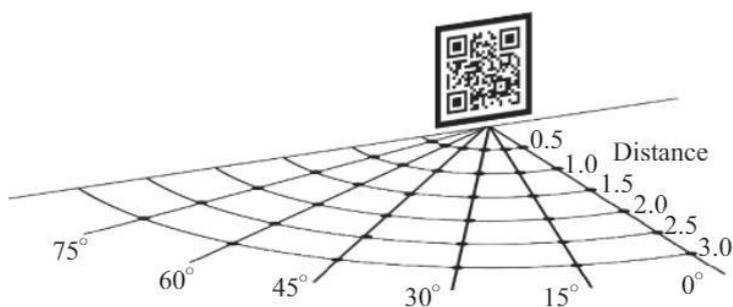


Figura 16. Ángulos y distancias que puede ser detectado el marcador QR por la librería Zxing

En el trabajo de Ukida [33] se realiza un sistema de navegación con drones, donde estos equipos tienen incorporado la librería Zxing que escanea el marcado QR desde cualquier ángulo mostrado en la figura 15 a través de su propio algoritmo. En cambio, para este proyecto esto puede significar un problema en la precisión, es por ello por lo que se le asigna una demora de tres segundos al momento de escanear el marcador.

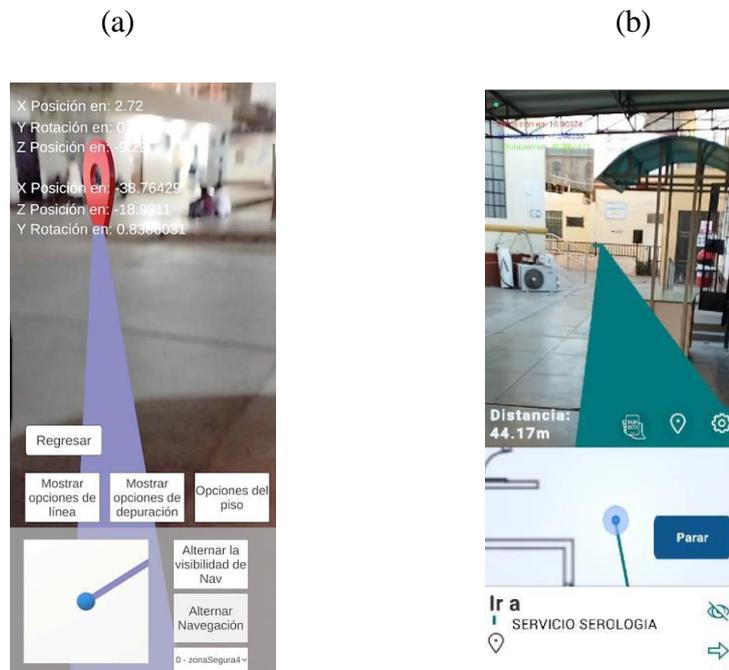


Figura 17. Actualización de la interfaz de usuario

La imagen (a) muestra la primera versión del aplicativo, mientras que la imagen (b) presenta la versión final.

En última instancia, son los usuarios quienes someten al sistema a prueba. El proceso comienza con el escaneo de un código QR, ubicado en puntos estratégicos del hospital. A continuación, seleccionan su destino deseado y acceden a la información pertinente. La mayoría de los usuarios que participaron en las pruebas fueron estudiantes de medicina y pacientes con interés en contribuir al desarrollo del sistema.



(c)



(d)



Figura 18. Utilización del aplicativo móvil

Las imágenes (a) y (b) corresponden a pacientes, mientras que las (c) y (d) representan a estudiantes de la facultad de medicina.

CONCLUSIONES

La implementación de un aplicativo móvil basado en realidad aumentada en el Hospital Regional Docente Las Mercedes ha demostrado resultados prometedores: ha reducido el tiempo de acceso a los puntos de interés a menos de 20 segundos, mejorando la experiencia de un 53.7% de los usuarios que antes experimentaban retrasos. Además, el 71% de los encuestados considera aceptable la determinación de la ruta, respaldando la eficacia de la realidad aumentada y el sistema de voz. La optimización de la búsqueda de información ha permitido a los usuarios detectar todos los 301 puntos de interés del hospital, una mejora significativa considerando que previamente un 82.9% de los usuarios no podían encontrar ningún mapa. La precisión del sistema, validada con un 91% de pruebas exitosas, garantiza su viabilidad y minimiza la posibilidad de problemas técnicos y fluctuaciones durante su uso.

Recomendaciones

La aplicación del sistema de navegación con realidad aumentada en hospitales extensos, como el Hospital Almanzor Aguinaga Asenjo, puede mejorar la experiencia de los pacientes y facilitar el acceso a áreas transitadas. Estratégicamente seleccionar los puntos de interés relevantes asegurará una orientación sencilla dentro de las instalaciones. Es importante considerar que los usuarios pueden requerir tiempo para adaptarse a esta tecnología, debido a la necesidad de teléfonos compatibles y familiarización con las aplicaciones. Conforme la realidad aumentada se vuelva más común, los usuarios se sentirán más cómodos. Al

implementar este sistema, proporcionar una experiencia intuitiva y amigable facilitará la adopción de la tecnología por parte de los usuarios.

REFERENCIAS

- [1] S. Feiner, B. MacIntyre, and T. Höllerer, "A touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment," *IEEE International Symposium on Wearable Computers*, 1997, pp. 74-81.
- [2] J. Rekimoto. *Matrix: A realtime object identification and registration method for augmented reality*. *Asia-Pacific Computer and Human Interaction*, 0:63, 1998
- [3] J. I. Rubio-Sandoval, J. L. Martínez-Rodríguez, I. López-Arevalo, A. B. Ríos-Alvarado, A. J. Rodríguez-Rodríguez, et al., "An Indoor Navigation Methodology for Mobile Devices by Integrating Augmented Reality and Semantic Web," *Sensors*, vol. 21, no. 16, p. 5435, 2021, doi: 10.3390/s21165435.
- [4] "Wikitude Augmented Reality: the World's Leading Cross-Platform AR SDK", Wikitude, <http://www.wikitude.com>.
- [5] P. J. Carrión Castagnola, "Visualización de puntos de interés en un campus universitario usando realidad aumentada," *Tesis de Ingeniería Informática*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, 2016. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/6848>
- [6] J. E. Gáloc Vilca, "Diseño e implementación de un sistema de geolocalización en interiores para plataforma Android via la red Enterprise WLAN de la PUCP," *Tesis de Ingeniería Electrónica*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, 2016. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7156>
- [7] B.-C. Huang, J. Hsu, E. T. H. Chu y H.-M. Wu, "ARBIN: Augmented reality based indoor navigation system", *Sensors*, vol. 20, n.º 20, p. 5890, octubre de 2020. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/s20205890>
- [8] "Using Augmented Reality to create an indoor navigation system with ViroReact - Mohammed Laghzaoui". *Ordina JWorks Tech Blog*. <https://ordina-jworks.github.io/iot/2019/12/20/ar-signpost.html>
- [9] D. Khan, S. Ullah and S. Nabi, "A Generic Approach Toward Indoor Navigation and Pathfinding with Robust Marker Tracking," *Remote Sensing*, vol. 11, no. 24, article no. 3052, Dec. 2019, doi: 10.3390/rs11243052.
- [10] M. L. Martins, C. Malta and V. Costa, "Viseu Mobile: A location based Augmented Reality tour guide for mobile devices," vol. 26, n.º 1, pp. 8–26, noviembre de 2015. Disponible: <https://doi.org/10.18089/damej.2015.26.1.1>
- [11] Raccoons. (2019, January 22). *ARCore-powered indoor navigation in Unity*. *Raccoons Blog*. <https://blog.raccoons.be/arcore-powered-indoor-navigation-unity/>
- [12] S. A. R. Agüero, "Análisis, diseño e implementación de un sistema de información para la ubicación de establecimientos comerciales e interacción con los mismos dentro de sub-centros urbanos de tipo comercial", *bachelor's thesis*, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014. Disponible: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/5417>
- [13] "Aeropuerto Jorge Chávez de Lima: nueva app con navegación en interiores de Situm". *Situm*. <https://situm.com/es/blog/transporte/aeropuerto-jorge-chavez-de-lima-nueva-app-con-navegacion-en-interiores-de-situm/>.

- [14] B. A. Bonilla Coronado y H. P. Diaz Nuñez, "Desarrollo de un Sistema Informático en Tiempo Real de Geolocalización, Control y Monitoreo para el Servicio de Transporte de Estudiantes en la Ciudad de Chiclayo," Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2020.
- [15] "Points of Interest (POI) Loader | Garmin Support". Garmin | Deutschland | Support-Center. <https://support.garmin.com/en-US/?faq=lfikohFF2UAo3eaO9vHYp6>.
- [16] "Point of Interest (POI) - Are these points really necessary for Mapping?? | Ceinsys". Ceinsys : Geographic Information Systems, Engineering Solutions, Government, Infrastructure & Defence & Homeland Security. <https://www.ceinsys.com/blog/point-of-interest-really-necessary-for-mapping/>
- [17] M. Ibáñez Herrero, "Realidad Aumentada: ARToolKit para animación de personajes", Proyecto Final de Carrera, Escuela Técnica Superior de Informática Aplicada, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- [18] "Implications of Web Mercator and Its Use in Online Mapping | Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization". Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization. <https://www.utpjournals.press/doi/abs/10.3138/carto.49.2.2313>
- [19] H. Zhao, W. Cheng, N. Yang, S. Qiu, Z. Wang y J. Wang, "Smartphone-Based 3D indoor pedestrian positioning through multi-modal data fusion", *Sensors*, vol. 19, n.º 20, p. 4554, octubre de 2019.
- [20] J. Ruiz Pahuacho, "Guía técnica de procedimientos para la identificación de rutas de evacuación y zonas seguras en lugares públicos, ante lluvias intensas y sus peligros asociados como inundación y movimientos en masa", p. 10, 2015. Disponible: <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/201706290124351-1.pdf>
- [21] Narzullaev, A., Selamat, M. H., Sharif, K. Y. y Muminov, Z. (2019). Wi-Fi received signal strength-based hyperbolic location estimation for indoor positioning systems. *International Journal of Information and Communication Technology*, 14(2), 175. <https://doi.org/10.1504/ijict.2019.097688>
- [22] Winter, S., Tomko, M., Vasardani, M., Richter, K.-F., Khoshelham, K. y Kalantari, M. (2019). Infrastructure-Independent Indoor Localization and Navigation. *ACM Computing Surveys*, 52(3), 1–24. <https://doi.org/10.1145/3321516>
- [23] "Augmented reality app development company - mobidev". MobiDev. <https://mobidev.biz/services/augmented-reality>
- [24] "Genie in a Bottle: Augmented Smart Packaging". Welcome to Nextech AR Solutions, The Augmented Reality and Metaverse Company. <https://www.nextechar.com/genie-ar>
- [25] AZUMA, Ronald T. "A Survey of Augmented Reality". *Presence: Teleoperators and virtual environments* 6.4 (1997): 355-385

- [26] Cabero Almenara J., Barroso Osuna J., y Obrador M. (2017). Realidad aumentada aplicada a la enseñanza de la medicina. *Educación Médica*, 18(3), 203–208. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2016.06.015>
- [27] J. Barea Tejeiro, "El Hospital, empresa de servicios", *Homenaje al Profesor Brea*, 2000. [En línea]. Disponible: <https://www.fundacionsigno.com/archivos/editor/Profesor%20Barea.pdf>
- [28] "¿Cómo funciona la categorización en establecimientos de salud? | Conexión ESAN". ESAN Graduate School of Business - ESAN. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/como-funciona-la-categorizacion-en-establecimientos-de-salud>.
- [29] F. Ramanda, "ALGORITHM A* FOR THE NEAREST ROUTE TRACKING SYSTEM IN THE MODE OF TRANSPORTATION", *Kursor*, vol. 10, n.º 1, noviembre de 2019 [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.28961/kursor.v10i1.212>
- [30] H. A. Cárdenas Ruiz, "Realidad aumentada (RA): aplicaciones y desafíos para su uso en el aula de clase". [En línea]. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6702429.pdf>
- [31] R. Hernández Sampieri, *Metodología de la investigación*. 6: Mc Graw Hill Education, 2014.
- [32] S. K. Tadepalli, P. A. Ega y P. K. Inugurthi, "Indoor navigation using augmented reality", *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, pp. 588–592, agosto de 2021. Accedido el 11 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.32628/cseit2174134>
- [33] H. Ukida, "Indoor Unmanned Aerial Vehicle Navigation System Using LED Panels and QR Codes", Japón, 2022. Disponible: <https://doi.org/10.20965/jrm.2021.p0242>.
- [34] Sinnaps, «Metodología Scrum,» 2021. [En línea]. Obtenido de: sinnaps.com/metodologia-scrum

ANEXOS

**ANEXO N° 01. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO
ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS**

GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE
GERENCIA REGIONAL DE SALUD LAMBAYEQUE
HOSPITAL REGIONAL DOCENTE "LAS MERCEDES"

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN
DEL PRODUCTO ACREDITABLE**

El jefe de Informática y el Centro de Sistemas de Información del Hospital Regional Docente "Las Mercedes" de Chiclayo, certifican que el Sr.

QUIJANO MUÑOZ ANGEL EDUARDO

Identificado con DNI N° 72317399, ha completado satisfactoriamente la implementación del proyecto denominado **"APLICATIVO MÓVIL DE NAVEGACIÓN DE INTERIORES CON REALIDAD AUMENTADA PARA LA LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE INTERÉS EN EL HOSPITAL REGIONAL DOCENTE LAS MERCEDES"**. Este proyecto fue desarrollado como parte de su trabajo de investigación de fin de grado en la carrera de Ingeniería de Sistemas y Computación de la UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, y ha sido aprobado como producto acreditable.

Esta constancia se emite a solicitud del interesado para los fines que considere oportunos.

GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE
GERENCIA REGIONAL DE SALUD
HOSPITAL DOCENTE "LAS MERCEDES" CH.
.....
Ing. Hector A. Soto Vinos
JEFE DEL CENTRO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN

ANEXO N° 02. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Encuesta que se desea realizar:

Datos Personales

1. **Nombres y Apellido:** _____
2. **Sexo:** Masculino () Femenino ()
3. **Rango de edad:** 18 a 25 () 26 a 30 () 31 a 41 () 42 a 55 () 56 a más ()

Preguntas para marcar

4. **En tu primera visita a Las Mercedes ¿Lograste ubicar todos los puntos de interés del hospital?**
La mayoría () Algunas () Solo pocas () Ninguna ()
5. **¿Has tenido que preguntar sobre la ubicación de algún lugar?**
Varias veces () Algunas veces () Pocas veces () Ninguna vez ()
6. **¿Conoces los lugares de evacuación en caso de una emergencia del hospital?**
Todos () La mayoría () Algunos () Ninguno ()
7. **¿Cómo te enteras sobre los eventos en el hospital?**
Por redes sociales () Cuando visito el lugar () Me lo dice algún amigo ()
8. **¿Notas con frecuencia que los doctores cambian de consultorio en el hospital?**
Varias veces () Algunas veces () Pocas veces () Ninguna vez ()
9. **¿Te gustaría recibir notificaciones sobre algún evento en el hospital?**
Sí, todas () Sí, pero con opción a personalizar cuales () No, ninguna ()
10. **Valora del 1 al 6 tu satisfacción con ubicar los lugares del hospital.**
👉 1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 🚩
11. **¿Cuál de estás interfaces utilizarías en una futura aplicación?**

Interfaz 1



Interfaz 2



Interfaz 3



ANEXO N° 03. MANUAL DE USUARIO

Descripción:

Este manual tiene como objetivo presentar una guía detallada sobre cómo usar correctamente el sistema de navegación de interiores en el hospital, con funciones específicas diseñadas para pacientes que deseen utilizarlo en su día a día dentro del centro hospitalario.

Requerimiento de uso:

Los requerimientos mínimos para el ingreso al sistema de navegación son los siguientes:

- a. Contar con dispositivo móvil Android.
- b. Si se desea utilizar el sistema de realidad aumentada, se necesita que el dispositivo tenga certificación por parte de Google.

Ingresar al sistema:

Al acceder al sistema, se despliega una interfaz que invita al usuario a explorar los distintos espacios dentro del Hospital Las Mercedes. No obstante, en aras de garantizar la seguridad, se requiere que el usuario ingrese previamente su número de Documento Nacional de Identidad (DNI) para poder acceder al sistema.



Funcionalidad General:

Una vez dentro del sistema, se desplegará el mapa integral del Hospital, que incluye la representación de sus distintos pisos y las vías de acceso que conectan con el hospital. Las opciones disponibles en la interfaz ofrecen la posibilidad de solicitar una cita, lo cual dirigirá al usuario hacia los puntos de interés relevantes dentro del recinto. Esta función resulta especialmente útil para aquellos usuarios que visitan el hospital por primera vez. Además, Con el fin de permitir una navegación fluida por el escenario, se ha incorporado un breve tutorial que explica el manejo de los controles

Asimismo, se brindan botones que permiten visualizar la ubicación de los marcadores a través del sistema de realidad aumentada. Esta función facilita la escaneo y reconocimiento de dichos marcadores. En caso de que el rendimiento del sistema presente inconvenientes, el usuario podrá desactivar el escenario 3D, reubicar la cámara y acceder a las rutas de escape, las cuales serán señaladas dentro del escenario.



Búsqueda:

Además, se ha incorporado la funcionalidad de búsqueda por edificio. Al seleccionar la opción de búsqueda, se mostrará una lista de los edificios disponibles. Una vez seleccionado

un edificio, se desplegará una lista filtrada de los puntos de interés asociados a ese edificio. Esto permite a los usuarios realizar búsquedas más específicas y acceder rápidamente a los puntos de interés deseados.



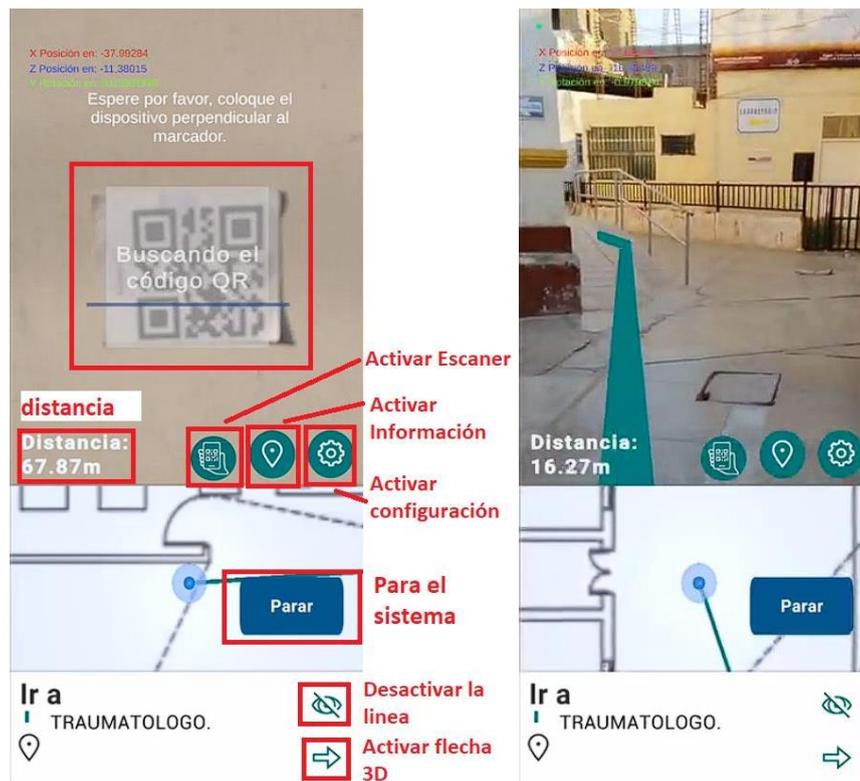
Seleccionar un punto de interés:

Independientemente de la forma en que se acceda a un punto de interés, se proporcionará una sección para visualizar la información relacionada. Además, se incluirá un botón que permitirá al usuario dirigirse al lugar deseado y activar el modo de realidad aumentada



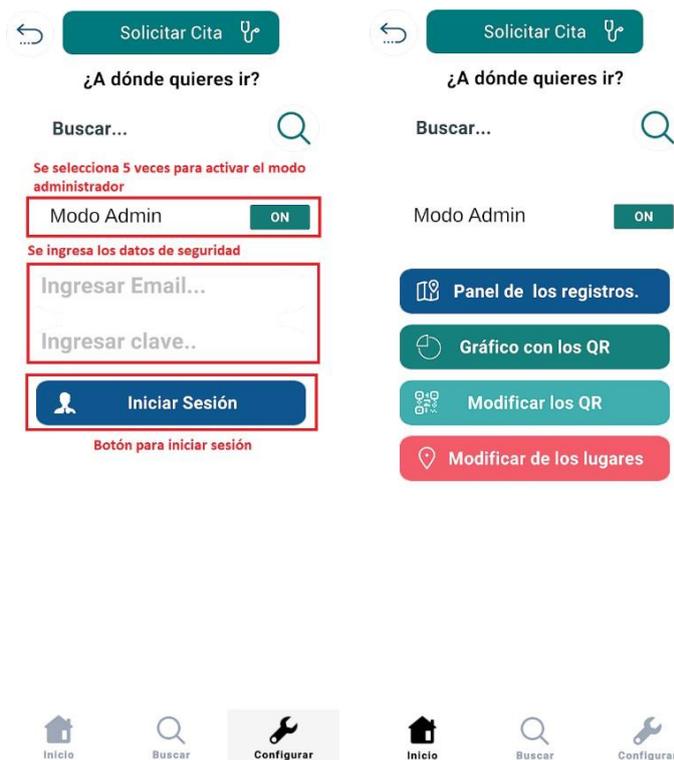
Sistema de navegación con realidad aumentada:

Una vez que el usuario presiona "ir al lugar", se accede al sistema de navegación con realidad aumentada. A continuación, el usuario deberá acercarse al marcador más cercano, activar la opción de escaneo y escanear el código QR ubicado en la pared. Después de esto, se trazará una línea (que también se puede sustituir por una flecha, si se prefiere) hacia el lugar seleccionado, y el usuario deberá seguir esta guía visual para llegar a su destino. Esta función asegura una navegación precisa y facilita la orientación dentro del entorno.



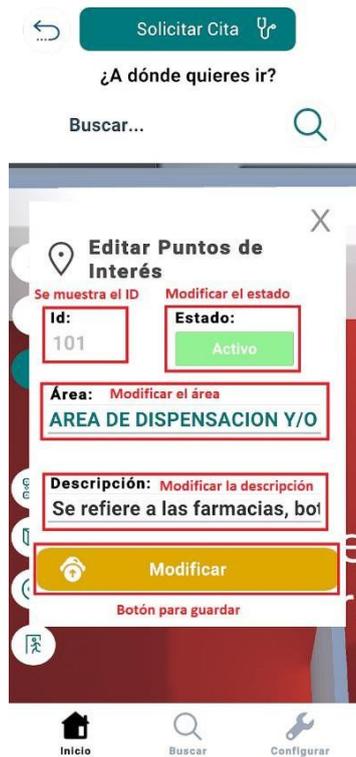
Administrador:

En el apartado de administrador, el administrador deberá presionar el botón "Modo Admin" cinco veces para desbloquear la opción de iniciar sesión. Una vez iniciada la sesión, se mostrarán los botones que permitirán al administrador modificar el sistema de manera adecuada. Esta medida de seguridad adicional ayuda a garantizar que solo los usuarios autorizados puedan acceder y realizar cambios en el sistema.



Modificar puntos de interés:

Una vez activado el modo de administrador, se podrá seleccionar un punto de interés específico para realizar modificaciones. Se brindarán opciones para cambiar el estado, el área y la descripción del punto de interés. Esto permitirá al administrador actualizar y ajustar la información relacionada con cada lugar de manera conveniente.



Modificar marcadores:

El apartado de modificación de los QR ofrece la posibilidad de modificar y ubicar los marcadores en cualquier parte del mapa. Esta funcionalidad resulta útil para mejorar la precisión del sistema, ya que el usuario adoptará la posición del marcador una vez que lo haya escaneado. Al permitir ajustar la ubicación de los marcadores, se facilita la alineación entre la realidad aumentada y los puntos de interés, brindando una experiencia más precisa y coherente para el usuario.



Gráfico de los marcadores:

Se incorporará la funcionalidad de visualizar el número de escaneos de cada marcador mediante un gráfico de pastel. Esto permitirá identificar y determinar cuáles son los marcadores más escaneados por los usuarios. Esta información resulta útil para evaluar la efectividad de la ubicación de los marcadores y tomar decisiones sobre posibles cambios de posición para mejorar la interacción y la precisión del sistema de navegación con realidad aumentada.



Lista de lugares:

Finalmente, se brindará la opción de visualizar una lista que mostrará todos los lugares que han sido escaneados utilizando el DNI proporcionado inicialmente. Esta lista incluirá información como el nombre del lugar, la fecha y hora en que se realizó el escaneo. Esta función permitirá tener un registro completo de los lugares visitados por el usuario, brindando un historial detallado y útil para diversos fines, como seguimiento de actividades o análisis de preferencias y patrones de uso.

Regresar		
DNI	Lugar	Hora
98765432	Sala de emergencias	2023-04-09T12:30:00Z

Lista de los lugares que han sido visitados por los usuarios según el DNI, Lugar y Hora con fecha

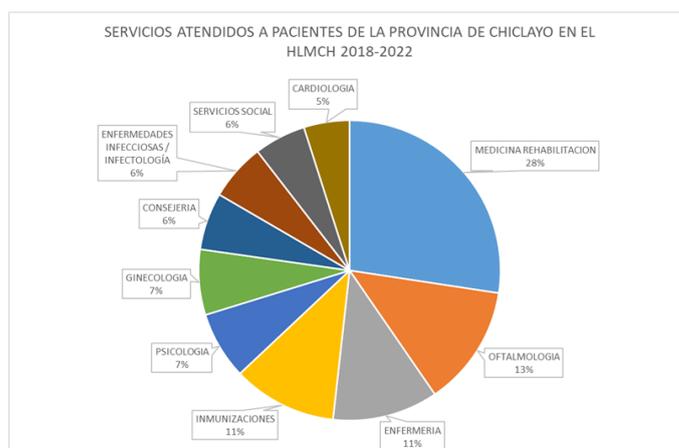
ANEXO N° 04. INFORME DE PACIENTES ATENDIDOS 2018 - 2022

SERVICIOS ATENDIDOS A PACIENTES DEL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE 2018 AL 2022

PROVINCIAS DE LAMBAYEQUE						
Cuenta de fecate	Etiquetas de columna					
Etiquetas de fila	2018	2019	2020	2021	2022	Total general
CHICLAYO	98956	101544	26071	43035	63576	333182
FERREÑAFE	2600	2609	749	1470	1786	9214
LAMBAYEQUE	6071	6051	1472	3213	4990	21797
Total general	107627	110204	28292	47718	70352	364193

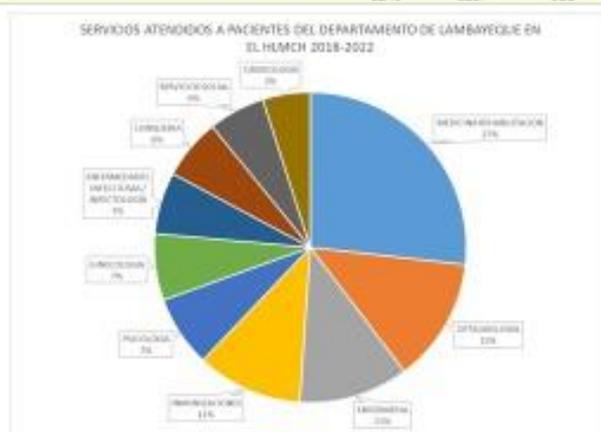
PROVINCIA DE CHICLAYO

Etiquetas de fila	2018	2019	2020	2021	2022	Total general
MEDICINA REHABILITACION	17853	13206	3077	4446	10091	48673
OF TALMOLOGIA	6562	6779	2119	3109	4566	23135
ENFERMERIA	272	3900	3394	6473	6043	20082
INMUNIZACIONES	7950	4476		7217	210	19853
PSICOLOGIA	3497	4119	1340	1656	2294	12906
GINECOLOGIA	4801	4289	721	340	2358	12509
CONSEJERIA	4413	3642	523	677	1704	10959
ENFERMEDADES INFECCIOSAS / INFECTOLOGIA	1093	2909	1757	2388	2735	10882
SERVICIOS SOCIAL	4058	3637	662	529	961	9847
CARDIOLOGIA	2981	3012	913	161	1621	8688

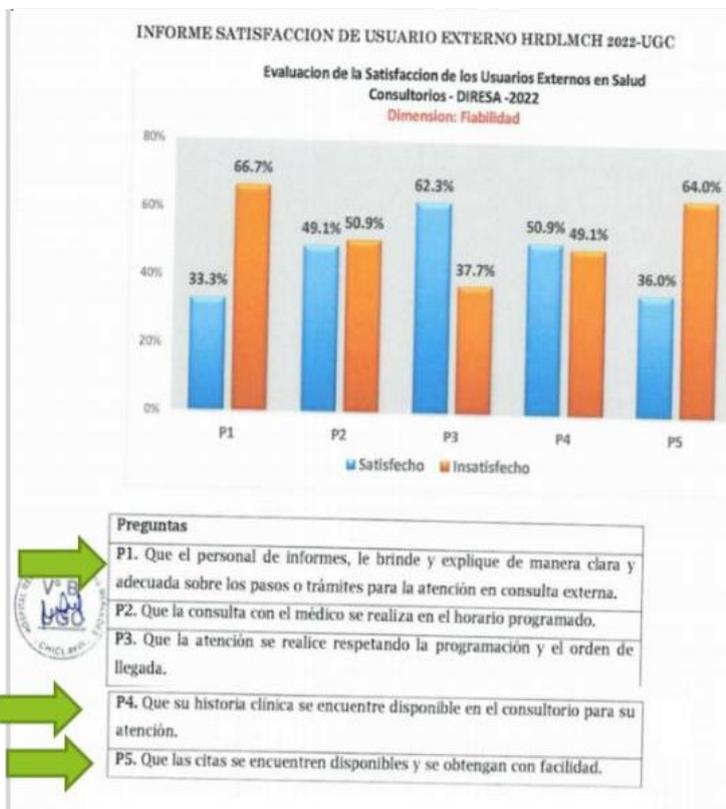


PROCEDECENCIA	2018	2019	2020	2021	2022	Total general
LAMBAYEQUE	107,627	110,202	28,292	47,717	56,807	350,645

DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE						
Cuenta de fecate	Etiquetas de columna					
Etiquetas de fila	2018	2019	2020	2021	2022	Total general
MEDICINA REHABILITACION	18792	13740	3183	4839	10846	51400
OF TALMOLOGIA	6968	7173	2249	3440	5018	24848
ENFERMERIA	289	4120	3581	7126	6712	21828
INMUNIZACIONES	8461	4777		7656	230	21124
PSICOLOGIA	3846	4901	1447	1897	2530	14221
GINECOLOGIA	5132	4541	771	365	2507	13316
ENFERMEDADES INFECCIOSAS / INFECTOLOGIA	1228	3299	1991	2722	3152	12392
CONSEJERIA	4898	3983	569	750	1504	12144
SERVICIOS SOCIAL	4534	4125	808	671	1152	11290
CARDIOLOGIA	3246	3237	961	192	1802	9438



ANEXO N° 05. INFORME DE SATISFACCIÓN DE USUARIO EXTERNO HRDLMCH 2022-UGC



INFORME SATISFACCION DE USUARIO EXTERNO HRDLMCH 2022-UGC

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Determinar el nivel de satisfacción de la calidad de atención en salud en los servicios de emergencia, consulta externa y hospitalización del Hospital Las Mercedes de Chiclayo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la satisfacción de la calidad de atención en salud del servicio de Consulta Externa del Hospital Las Mercedes 2022 - Chiclayo.
- Determinar la satisfacción de la calidad de atención en salud del servicio de Emergencia del Hospital Las Mercedes 2022 - Chiclayo.
- Determinar la satisfacción de la calidad de atención en salud del servicio de Hospitalización del Hospital Las Mercedes 2022 - Chiclayo.
- Evaluar los indicadores de calidad de servicio del Hospital Las Mercedes de Chiclayo.
- Comparar los resultados obtenidos en el estudio con los resultados de la encuesta del 2022 de satisfacción de los usuarios externos del Hospital Las Mercedes de Chiclayo.
- Definir acciones de mejora continua, a partir de los resultados obtenidos, en los procesos de atención de los servicios a los usuarios externos del Hospital Las Mercedes de Chiclayo.

ANEXO N° 06. ENCUESTA PARA EL MODELO DE ACEPTACIÓN

Cuestionario para evaluar la aceptación de tecnología

Cuestionario		
Factor	Identificador	Pregunta
Utilidad Percibida (UP)	UP1	¿En qué grado considera útil el sistema de navegación de interiores en su visita al hospital?
	UP2	¿Cree que el módulo de AR ayuda a mejorar la navegación dentro del hospital?
	UP3	¿Cree que los marcadores QR proporcionan una orientación precisa en el mapa 3D?
	UP4	¿Cree que este sistema de navegación mejora su experiencia general en el hospital?
Factor	Identificador	Pregunta
Facilidad de Uso Percibida (FUP)	FUP1	¿Cree que el sistema de navegación de interiores es fácil de usar?
	FUP2	¿Necesita ayuda para utilizar el sistema de navegación de interiores?
	FUP3	¿Cree que otros visitantes del hospital podrían adaptarse fácilmente al sistema de navegación?
	FUP4	¿Cree que los usuarios necesitarán ayuda para utilizar el sistema?

Respuesta	Valor asignado
Totalmente en desacuerdo	1
En desacuerdo	2
Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	3
De acuerdo	4
Totalmente de acuerdo	5

Resultados de la encuesta

Factor	Identificador	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Utilidad Percibida (UP)	UP1	1	3	0	6	5
Utilidad Percibida (UP)	UP2	2	0	2	1	10
Utilidad Percibida (UP)	UP3	1	0	3	6	5
Utilidad Percibida (UP)	UP4	0	0	4	2	9
Facilidad de Uso Percibida (FUP)	FUP1	2	1	1	8	3
Facilidad de Uso Percibida (FUP)	FUP2	3	0	1	4	7
Facilidad de Uso Percibida (FUP)	FUP3	0	2	2	10	1
Facilidad de Uso Percibida (FUP)	FUP4	2	1	1	9	2

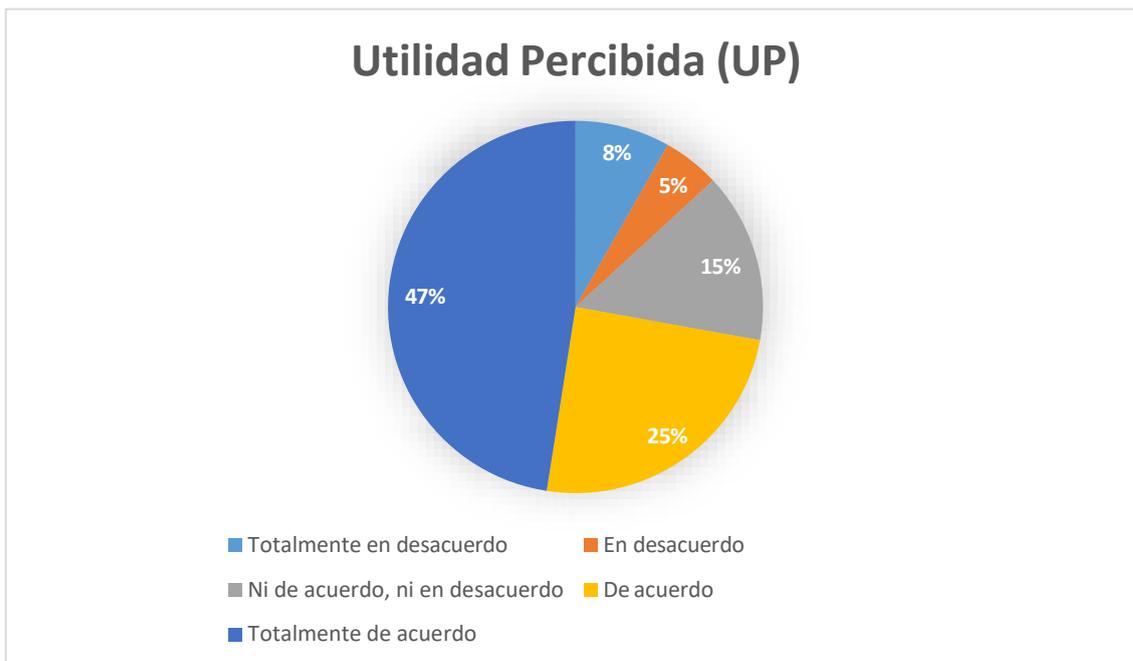


Gráfico 4. Resultados de la encuesta de utilidad percibida (UP)

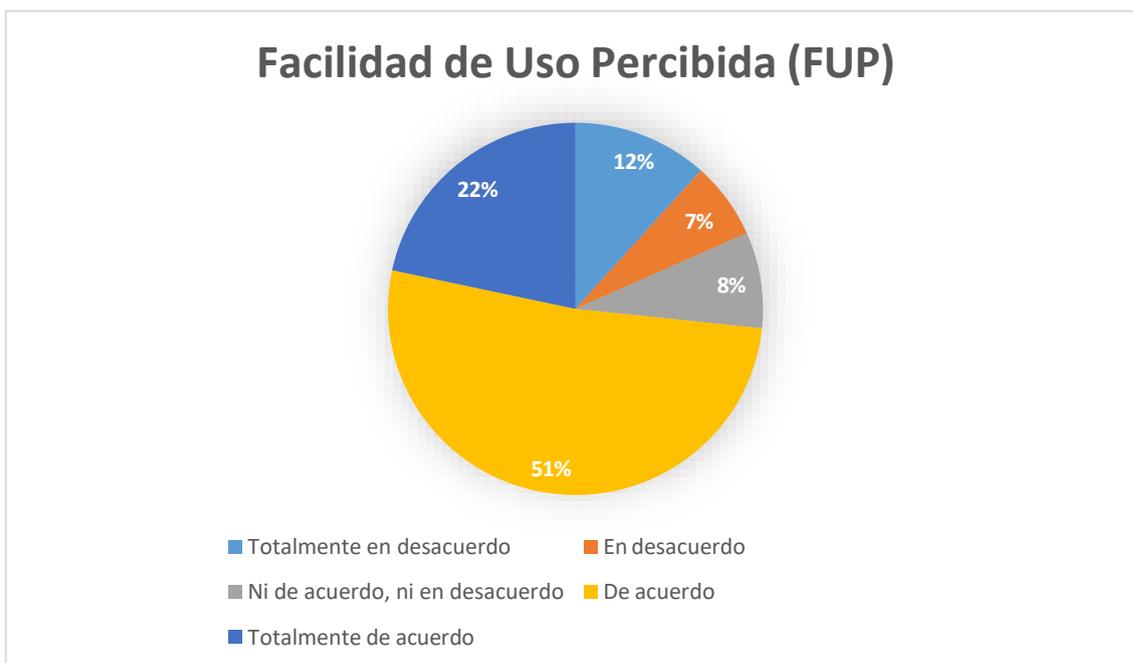


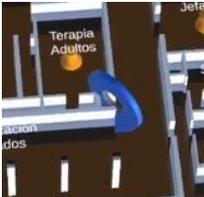
Gráfico 5. Resultados de la encuesta de utilidad percibida (UP)

Se encuestó a 15 individuos sobre la utilidad y la facilidad de uso de una aplicación, observándose una respuesta más favorable hacia la utilidad percibida. En ambos factores, Utilidad Percibida (UP) y Facilidad de Uso Percibida (FUP), se alcanzó un nivel de positividad del 71%.

ANEXO N° 7. TEST DE PRUEBAS

Se tomó en consideración la demora en el escaneo del marcado para realizar la tercera versión del testing.

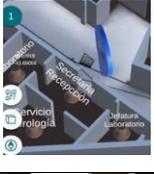
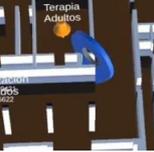
TABLA III
Evaluando marcador 4

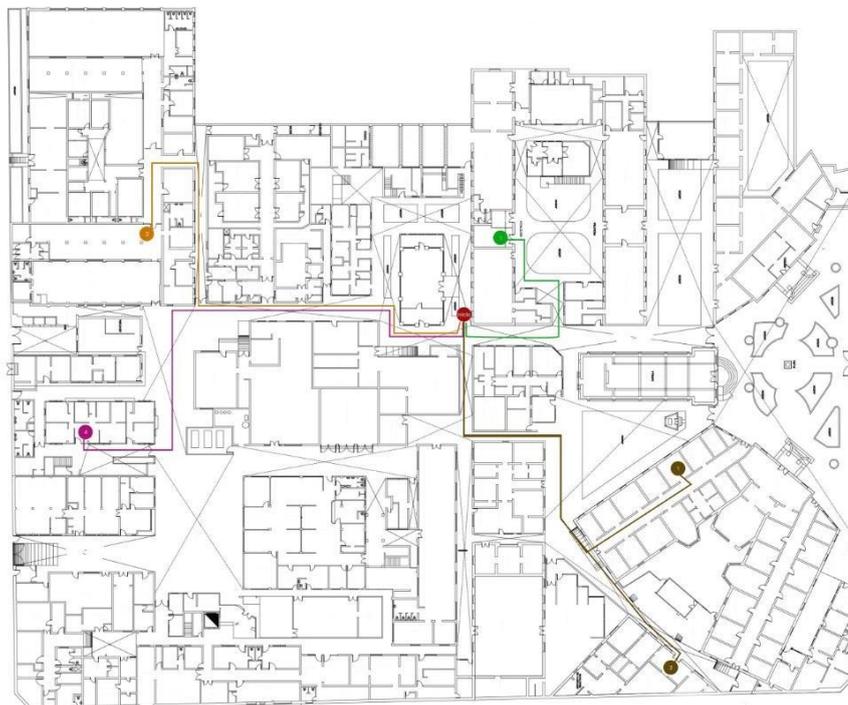
<i>Lugares</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Marcadores Adicionales</i>	<i>Imagen referencial</i>	<i>Éxito</i>	<i>Enlace a video</i>
<i>Baño par caballeros</i>	"x": -73.44, "y": 0.00, "z": -4.7	1:23	Ninguno		✓	Enlace
<i>Traumatología</i>	"x": 16.85, "y": 0.00, "z": 40.99	1:46	Ninguno		✓	Enlace
<i>Hospitalización quemados</i>	"x": -60.96, "y": 0.00, "z": 25.55	2:01	Ninguno		✓	Enlace
<i>Departamento Ginecología y Obstetricia</i>	"x": 16.85, "y": 0.00, "z": 40.99	2:01	Ninguno		✓	Enlace
<i>Jefatura 1</i>	"x": 27.38, "y": 0.00, "z": 124.19	3:05	Ninguno		-	Enlace



Recorrido propuesto por el marcador 4. (1) Baño para caballeros, (2) Traumatología, (3) Hospitalización quemados, (4) Departamento Ginecología y Obstetricia, (5) Jefatura 1.

TABLA IV
Evaluando marcador 2

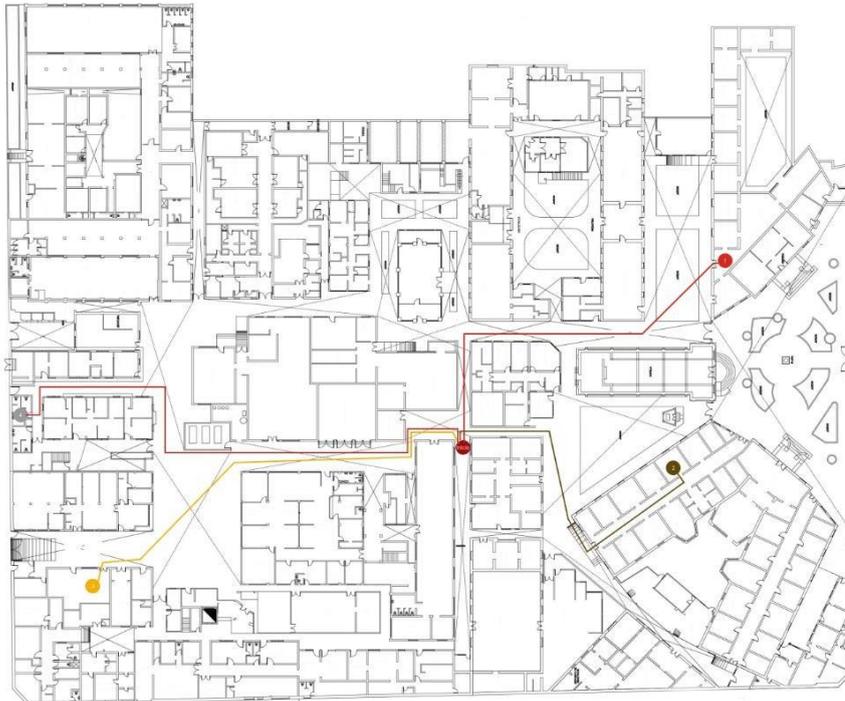
<i>Lugares</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Marcadores Adicionales</i>	<i>Imagen referencial</i>	<i>Éxito</i>	<i>Enlace a video</i>
<i>Estadística</i>	"x": 7.06, "y": 0.00, "z": 120.89	1:58	Ninguno		✓	Enlace
<i>Serología</i>	"x": 23.3, "y": 0.00, "z": 100.55	1:37	Ninguno		✓	Enlace
<i>Hospitalización Quemados</i>	"x": -39.83, "y": 0.00, "z": 7.57	1:56	Ninguno		✓	Enlace
<i>Espera TB</i>	"x": -13.76, "y": 0.00, "z": 6.07	1:38	Ninguno		✓	Enlace
<i>Monitoreo Fetal</i>	"x": -47.19, "y": 0.00, "z": 74.64	0:56	Ninguno		✓	Enlace



Recorrido propuesto por el marcador 2. (1) *Estadística*, (2) *Serología*, (3) *Hospitalización Quemados*, (4) *Espera TB*, (5) *Monitoreo Fetal*.

TABLA V
Evaluando el marcador 1

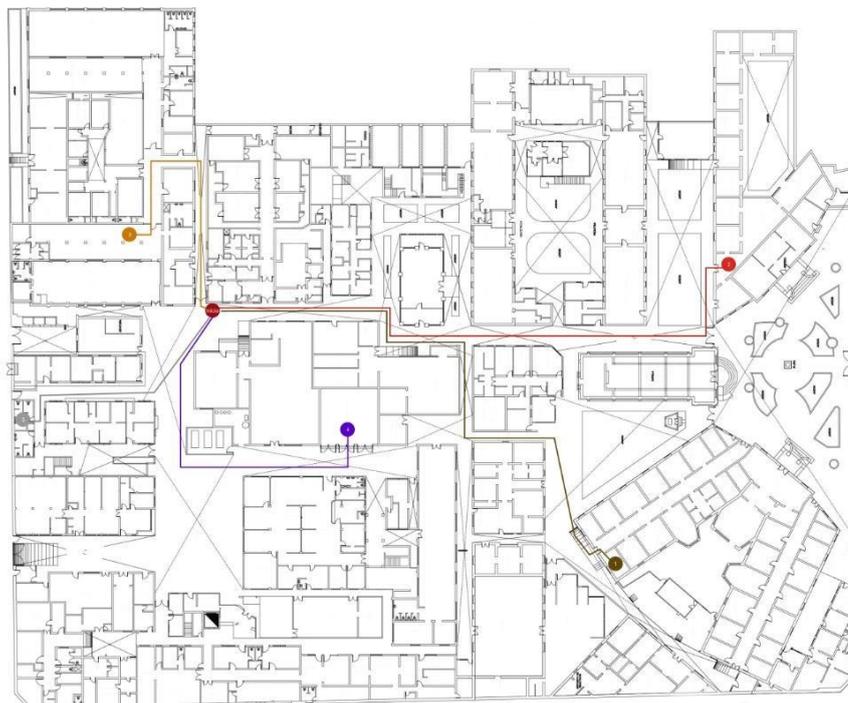
<i>Lugares</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Marcadores Adicionales</i>	<i>Imagen referencial</i>	<i>Éxito</i>	<i>Enlace a video</i>
<i>Recibo</i>	"x": -42.65, "y": 0.00, "z": 114.62	1:21	Ninguno		✓	Enlace
<i>Obstetricia 1</i>	"x": -8.1, "y": 0.00, "z": 105.83	1:42	Ninguno		-	Enlace
<i>Comedor</i>	"x": -13.28, "y": 0.00, "z": 5.83	1:29	Ninguno		✓	Enlace
<i>Baño para caballeros</i>	"x": -39.83, "y": 0.00, "z": 7.57	1:53	Ninguno		✓	Enlace



Recorrido propuesto por el marcador 1. (1) *Recibo*, (2) *Obstetricia 1*, (3) *Neonatología*, (4) *Comedor*, (5) *Baño para caballeros*.

TABLA VI
Evaluando marcador 3

<i>Lugares</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Marcadores Adicionales</i>	<i>Imagen referencial</i>	<i>Éxito</i>	<i>Enlace a video</i>
<i>Traumatólogo</i>	"x": -37.83, "y": 0.00, "z": 7.57	2:02	Ninguno		✓	Enlace
<i>Recibo</i>	"x": -39.83, "y": 0.00, "z": 7.57	1:44	Ninguno		✓	Enlace
<i>Hospitalización Quemados</i>	"x": -20.53, "y": 0.00, "z": 7.57	1:04	Ninguno		✓	Enlace
<i>Casa de fuerza</i>	"x": -10.84, "y": 0.00, "z": 3.57	1:16	Ninguno		✓	Enlace
<i>Baño para caballeros</i>	"x": -39.83, "y": 0.00, "z": 16.57	0:54	Ninguno		✓	Enlace



Recorrido propuesto por el marcador 3. (1) *Traumatólogo*, (2) *Recibo*, (3) *Hospitalización Quemados*,
(4) *Casa de fuerza*, (5) *Baño para caballeros*.
Neonatología, (4) *Comedor*, (5) *Baño para caballeros*.

TABLA VII
Evaluando el marcador 4

<i>Lugares</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Marcadores Adicionales</i>	<i>Imagen referencial</i>	<i>Éxito</i>	<i>Enlace a video</i>
<i>Traumatólogo</i>	"x": -39.83, "y": 0.00, "z": 7.57	2:00	Ninguno		✓	Enlace
<i>Hospitalización Quemados</i>	"x": -40.63, "y": 0.00, "z": 7.57	1:40	Ninguno		✓	Enlace
<i>Baño para caballeros</i>	"x": -20.85, "y": 0.00, "z": 15.57	1:11	Ninguno		✓	Enlace



Recorrido propuesto por el marcador 4. (1) *Traumatólogo*, (2) *Hospitalización Quemados*, (3) *Baño para caballeros*.



Resultados de la tercera versión de pruebas.

De las 22 pruebas realizadas, el 91% (20 pruebas) de ellas fueron completamente exitosas. Sin embargo un 9% (2 pruebas), se tuvo interferencias en el camino o se tenía que volver a escanear el mercado. Por último, el 0% (0 pruebas) no pudieron acercarse al destino seleccionado.