

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA
NAVEGACIÓN MÉDICA TERRITORIAL DE PACIENTES CON CÁNCER DE
MAMA EN SANTIAGO DE CALI**



Nicolás Mera Llanos
Zoe Katherine Muñoz Acosta

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA - ESCUELA DE SALUD
PÚBLICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN EN CÁNCER
Santiago de Cali, junio de 2025**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA
NAVEGACIÓN MÉDICA TERRITORIAL DE PACIENTES CON CÁNCER DE
MAMA EN SANTIAGO DE CALI**



Nicolás Mera Llanos
Zoe Katherine Muñoz Acosta

**TRABAJO DE GRADO
PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO TOPOGRÁFICO**

Director: Ing. Robin Alexis Olaya, M.Sc.
Codirector: T.O. María Fernanda Tobar Blandón, M.Sc.
Asesor: Ing. Jorge Gallego Méndez, Esp.

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA - ESCUELA DE SALUD
PÚBLICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN EN CÁNCER
Santiago de Cali, junio de 2025**

Nota de aceptación

Firma del director del trabajo de grado

Firma del codirector del trabajo de grado

Firma Jurado

Firma Jurado

Santiago de Cali, 2025

Dedicatoria:

Aun sonando muy arrogante quiero dedicarme este logro en mi vida, por los esfuerzos que realicé, pero también quiero agradecerle a mis padres por el apoyo y a mi novia por su amor incondicional y apoyo. Y me gustaría hacer agradecimientos individuales a esos amigos que siempre han estado pendientes de mí, de mi proceso y a los nuevos que hice en el camino. Por último le agradezco al Maestro que nunca creí encontrar en la Universidad, que con una simple tarjeta diciendo que nunca apague mi luz, ganó un lugar en mi corazón y le agradeceré infinitamente y siempre será un ejemplo a seguir para mí

Nicolás Mera Llanos

Dedicatoria:

*Para Dios, por brindarme la resiliencia necesaria durante los momentos difíciles.
Para mi madre, mi padre, mi abuelita y mi hermana, por darme fuerzas, ser mi equipo incondicional y motivarme a ser mi mejor versión. Para mi, Per Aspera Ad
Astra.*

Juan Pablo Muñoz Acosta

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecerle a nuestro director Robin Alexis Olaya y a nuestra co-directora María Fernanda Tobar Blandón por brindarnos la oportunidad de ser parte de este proyecto, por la paciencia que nos tuvieron y la dedicación que nos brindaron. A nuestro asesor Jorge Gallego Méndez, por la paciencia, dedicación y pasión con la que nos acompañó durante este proceso. A los miembros del grupo de investigación de la IDI en cáncer por brindarnos su tiempo, conocimiento y experiencia. A todos los profesores del programa académico de ingeniería topográfica, agradecemos su dedicación y pasión con la que nos enseñaron. Gracias a los amigos que hicimos en el camino, por el apoyo y hermandad que nos brindaron. Y más importante, gracias a nuestra familia, por siempre apoyarnos para que diéramos lo mejor de nosotros.

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO	11
RESUMEN	12
1. INTRODUCCIÓN	13
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
3. OBJETIVOS	18
3.1. OBJETIVO GENERAL	18
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4. JUSTIFICACIÓN	19
5. REVISIÓN DE LITERATURA	21
5.1. MARCO CONCEPTUAL	21
5.1.1. Tratamientos asociados a la navegación médica territorial en Cáncer de mama	21
5.1.2. Navegación Médica y Territorial	22
5.1.3. Información en salud pública y oncología	23
5.1.4. Ciclo de vida de la información y de los Sistemas de Información Geográfica	24
5.2. MARCO REFERENCIAL	24
5.2.1. Medidas administrativas relacionadas al cáncer de mama en Colombia	25
5.2.2. Fuentes y sistemas de información del sector salud disponibles en Colombia	26
5.2.3. Estrategias internacionales de Navegación Médica	27
5.2.4. Variables determinantes en la Navegación Médica en desarrollos internacionales	28
5.2.5. El rol de la información espacial y los SIG en proyectos de monitoreo de salud y cáncer	29
5.3. MARCO TEÓRICO	30
5.3.1. Teoría epidemiológica	30
5.3.2. Teoría General de Sistemas y los Sistemas De Información Geográfica	30
5.3.3. Bases de datos geográficas	31
6. METODOLOGÍA	33
6.1. FASE I: CARACTERIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL SISTEMA	33
6.1.1. Estudio del estado del arte	33
6.1.2. Compilación de variables y fuentes de información	34
6.1.3. Definición de actores, subsistemas, alcances, limitaciones y requerimientos del sistema	35
6.2. FASE II: IMPLEMENTACIÓN DE BASE DE DATOS GEOGRÁFICA	36
6.2.1. Recolección y depuración de datos	36
6.2.2. Modelamiento de la Ruta Integral de Atención en Salud para cáncer de mama	37
6.2.3. Diseño de Base de Datos Geográfica	39
6.2.4. Creación de Base de Datos Geográfica	40

6.2.5. Implementación de Base de Datos Geográfica en un servidor	42
6.3. FASE III: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	43
6.3.1. Diseño del sistema e interfaz de usuario	43
6.3.2. Desarrollo de la estructura interna y visual del sistema	45
6.3.3. Implementación y funcionalidad del sistema	46
7. RESULTADOS	47
7.1. FASE I: CARACTERIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL SISTEMA	47
7.1.1. Estudio del estado del arte	47
7.1.2. Compilación de variables y fuentes de información	48
7.1.3. Definición de actores, subsistemas, alcances, limitaciones y requerimientos del sistema	54
7.2. FASE II: IMPLEMENTACIÓN DE BASE DE DATOS GEOGRÁFICA	59
7.2.1. Recolección y depuración de datos	59
7.2.2. Modelamiento de la Ruta Integral de Atención en Salud para cáncer de mama	60
7.2.3. Diseño de Base de Datos Geográfica	63
7.2.4. Creación de Base de Datos Geográfica	67
7.2.5. Implementación de la Base de datos geográfica en un servidor	70
7.3. FASE III: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	71
7.3.1. Diseño del sistema e interfaz de usuario	71
7.3.2. Desarrollo de la estructura interna y visual del sistema	77
7.3.3. Implementación y funcionalidad del sistema	83
8. DISCUSIONES	90
9. CONCLUSIONES	92
10. BIBLIOGRAFÍA	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de flujo por fases metodológicas	33
Figura 2: Diagrama Ruta Integral de Atención en Salud para cáncer de mama	38
Figura 3: Esquema del modelamiento de datos para BDG	39
Figura 4: Ilustración de ejemplo cotidiano de automatización - Trigger	42
Figura 5: Ejemplo de plataforma asociada a la gestión clínica o administrativa de pacientes	44
Figura 6: Adaptación metodológica de la Ruta Integral de Atención para Cáncer de Mama	61
Figura 7: Adaptación especializada de la Ruta Integral de Atención para Cáncer de Mama	62
Figura 8: Modelo Entidad-Relación (Modelo Conceptual)	63
Figura 9: Modelo lógico	64
Figura 10: Modelo físico	66
Figura 11: Consulta tabla con_pac_pacientes, BDG	67
Figura 12: Tablas con_pac_pacientes y esa_sal_centros_atencion de la BDG	67
Figura 13: Vista paci_todo_medsgsss, BDG	68
Figura 14: Consulta vista_relacion_centros_atencion_servicios_registrados, BDG	68
Figura 15: Consulta trigger identificador único pacientes, BDG	70
Figura 16: Información Feature Layer, ArcGIS Online	70
Figura 17: Parte del listado de capas alojadas, ArcGIS Online	71
Figura 18: Casos de uso para sección de geovisor	73
Figura 19: Casos de uso para sección del tablero de control	74
Figura 20: Casos de uso para sección de registro y edición	74
Figura 21: Esquema - Página principal del sistema	75
Figura 22: Esquema - Módulo del Geovisor - “Navegación territorial por paciente” del sistema	75
Figura 23: Esquema - Módulo del tablero de control del sistema	76
Figura 24: Esquema - Módulo de registro y edición de pacientes del sistema	76
Figura 25: Desarrollo de mapa para tablero de control, Map Viewer	78
Figura 26: Desarrollo de tablero de control, ArcGIS Dashboards	78
Figura 27: Previsualización de formulario, Survey123 Connect	79
Figura 28: Diseño de campos de preguntas de los formularios, Survey123 Connect	80
Figura 29: Interfaz de desarrollo página Inicio, Experience Builder	81
Figura 30: Interfaz de desarrollo página Geovisor, Experience Builder	81
Figura 31: Interfaz de desarrollo página Tablero de control, Experience Builder	82
Figura 32: Interfaz de desarrollo página Registro y edición, Experience Builder	82
Figura 33: Imagen de introducción, partes del sistema y justificación de realizar un SIG, Sitio publicado	83
Figura 34: Problemáticas identificadas y documentación técnica de soporte, Sitio publicado	84
Figura 35: ¿Quiénes somos?, Sitio publicado	84
Figura 36: Información de contacto, Sitio publicado	85

Figura 37: Módulo de Navegación territorial por paciente, página Geovisor. Sitio publicado	85
Figura 38: Módulo de Navegación territorial colectiva, página Geovisor, Sitio publicado	86
Figura 39: Módulo de Centros y servicios registrados, página Geovisor, Sitio publicado	87
Figura 40: Módulo Tablero de control, Sitio publicado	88
Figura 41: Módulo de Registro y edición de información de pacientes, página Geovisor, Sitio publicado	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Características de las variables	34
Tabla 2: Caracterización de revisión de literatura	47
Tabla 3: Variables Sociodemográficas	48
Tabla 4: Variables Clínicas	49
Tabla 5: Variables Administrativas	52
Tabla 6: Variables Espaciales	53
Tabla 7: Tabla de actores del sistema	54
Tabla 8: Partes del sistema	54
Tabla 9: Alcances y limitaciones del sistema	55
Tabla 10: Requerimientos Funcionales	57
Tabla 11: Requerimientos no funcionales	58
Tabla 12: Caracterización de la información recolectada y depurada	59
Tabla 13: Extracción del Catálogo de objetos. Documentación de Temas y Grupos	66
Tabla 14: Dominios de seguimiento del paciente	69
Tabla 15: Requerimientos funcionales (fase de diseño del sistema)	71
Tabla 16: Requerimientos no funcionales (fase de diseño del sistema)	72
Tabla 17: Ajustes de mapas para uso en herramientas	77

LISTA DE ANEXOS

ANEXOS.....	102
Anexo 1: RIAS cáncer de mama.....	102
Anexo 2: Listado de Variables, Datos y requerimientos funcionales.....	102
Anexo 3: Modelos de Bases de Datos Geográfica.....	102
Anexo 4: Catálogo de objetos geográficos.....	102
Anexo 5: Tablas de Dominios de la BDG.....	102
Anexo 6: Diagrama de Casos de uso.....	102
Anexo 7: Esquemas de interfaz.....	102
Anexo 8: Manual de uso del sistema.....	102
Anexo 9: Catálogo de metadatos elementos del sistema.....	102

GLOSARIO

- **ArcGIS Pro:** Software de escritorio para análisis espacial y gestión avanzada de datos geográficos.
- **ArcGIS Online:** Plataforma web de Esri para crear, compartir y visualizar mapas interactivos y aplicaciones SIG.
- **Biopsia:** Procedimiento médico que consiste en extraer una muestra de tejido para determinar la presencia de células cancerosas u otras anomalías.
- **BI-RADS:** Sistema estandarizado para clasificar hallazgos en imágenes mamarias.
- **Capas:** Conjuntos de datos espaciales superpuestos en un mapa SIG.
- **Catálogo de objetos:** Lista estructurada de elementos geográficos u objetos de estudio con atributos definidos.
- **Consultas:** Instrucciones diseñadas para recuperar información específica dentro de una base de datos.
- **DANE:** Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia.
- **Feature service:** Servicio web que permite visualizar y editar entidades geográficas desde ArcGIS Online.
- **Filtros:** Herramientas que permiten mostrar solo los datos que cumplen con ciertos criterios definidos.
- **HER2:** Proteína relacionada con ciertos tipos de cáncer de mama.
- **IDESC:** Infraestructura de Datos Espaciales de Santiago de Cali.
- **IGAC:** Instituto Geográfico Agustín Codazzi, entidad responsable de la cartografía oficial de Colombia.
- **KI7:** Índice de proliferación celular usado en diagnóstico oncológico.
- **Metadatos:** Información descriptiva sobre datos, como origen, estructura y uso.
- **Neoplasia:** Crecimiento anormal de tejido, benigno o maligno.
- **PostGIS:** Extensión espacial para bases de datos PostgreSQL que permite análisis geoespacial.
- **PostgreSQL:** Sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto.
- **REPS:** Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud en Colombia.
- **RIAS:** Ruta Integral de Atención en Salud.
- **Sistema de referencia:** Marco que define cómo ubicar datos espaciales sobre la superficie terrestre.
- **TNM:** Sistema de clasificación del cáncer según el tamaño tumoral (T), ganglios (N) y metástasis (M).
- **SQL:** Lenguaje de consulta estructurado utilizado para gestionar y manipular bases de datos.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar un Sistema de Información Geográfica (SIG) que integre información clínica, sociodemográfica y administrativa de pacientes en el proceso de navegación médica territorial del cáncer de mama en Santiago de Cali. La problemática abordada se centra en la escasa incorporación de datos espaciales dentro de la navegación médica, lo que limita la toma de decisiones informadas y oportunas por parte de los profesionales de salud. La metodología se dividió en tres fases: diagnóstico inicial y selección de variables, diseño e implementación de una Base de Datos Geográfica (BDG), y desarrollo de un SIG funcional mediante herramientas de ArcGIS Online.

Como resultado, se diseñó un geoportal que incluye módulos como geovisores, formularios y un tablero de control, permitiendo visualizar a los pacientes según su ubicación, etapa clínica, EPS y otros atributos relevantes. Este sistema facilita la identificación de rezagos en la atención, apoya la planificación territorial y mejora la eficiencia del acompañamiento médico. La propuesta constituye una herramienta operativa de soporte para la navegación oncológica, adaptable a otros contextos territoriales y a futuras expansiones del sistema de salud.

Palabras Clave: Cáncer de mama, Determinantes sociales de la salud, Navegación médica territorial, Sistema de información geográfica, Gestión de información.

ABSTRACT

This study aimed to develop a Geographic Information System (GIS) that integrates clinical, sociodemographic, and administrative data of patients within the territorial patient navigation process for breast cancer in Santiago de Cali. The core issue addressed is the limited incorporation of spatial data in medical navigation, which hinders timely and informed decision-making by healthcare professionals. The methodology was divided into three phases: initial diagnosis and variable selection, design and implementation of a Geographic Database (GDB), and development of a functional GIS using ArcGIS Online tools.

As a result, a geoportal was designed with modules such as map viewers, forms, and a control dashboard, enabling the visualization of patients according to location, clinical stage, health insurance provider, and other relevant attributes. This system facilitates the identification of care delays, supports territorial planning, and enhances the efficiency of medical navigation. The proposed system serves as an operational support tool for oncology navigation and is adaptable to other territorial contexts and future health system expansions.

Keywords: Breast cancer, Social determinants of health, Territorial medical navigation, Geographic information system, Information management.

1. INTRODUCCIÓN

El cáncer de mama es la neoplasia más frecuente en mujeres y una de las principales causas de mortalidad en el mundo, tendencia que se cumple de igual forma en Colombia y el Valle del Cauca, con una incidencia creciente en los últimos años (Duarte et al., 2021; INS y MinSalud, 2023; WHO, 2024). Para mejorar el acceso a los servicios médicos, el Ministerio de Salud y Protección Social (2016) implementó la Ruta Integral de Atención en Salud (RIAS) mediante la Resolución 3202 de 2016, enfocada en la detección temprana, tratamiento y seguimiento postratamiento.

Ante esta situación, la navegación de pacientes ha surgido como un modelo innovador para reducir barreras en el acceso a la salud y mejorar la coordinación entre actores del sistema (Freeman y Rodriguez, 2011; Pautasso et al., 2020). Estudios internacionales han demostrado que la recopilación de datos sociodemográficos y clínicos son clave para garantizar la equidad en la atención médica (Carter et al., 2018; Kirst et al., 2013). Además, la integración de herramientas geoespaciales con información sociodemográfica ha optimizado el seguimiento de pacientes y soportado la toma de decisiones en aspectos como la distribución de recursos sanitarios o la personalización de la atención (Musa et al., 2013; Schootman et al., 2017).

Sin embargo, en ciudades como Santiago de Cali, no existen sistemas especializados que articulen territorialmente las etapas del proceso asistencial del cáncer de mama, dificultando el análisis de patrones espaciales de atención, el seguimiento de pacientes y la toma de decisiones clínicas con enfoque territorial. Esta ausencia de herramientas operativas dificulta que los profesionales de la salud cuenten con insumos que integren de forma efectiva la lógica de la RIAS, los determinantes sociales y la información geográfica.

Dado este escenario, el presente proyecto tuvo como objetivo desarrollar un Sistema de Información Geográfica (SIG) para la navegación médica territorial de pacientes con cáncer de mama en la zona urbana de Santiago de Cali, permitiendo la integración de información sociodemográfica, clínica, administrativa y espacial en una base de datos georreferenciada, facilitando así la gestión de la atención médica y el análisis de las condiciones de acceso a los servicios especializados. Para ello, se identificaron las variables relevantes dentro de la dinámica de la RIAS, se consolidó la información en una base de datos geoespacial y se desarrolló un visor web dirigido a profesionales de la salud, que posibilite la visualización y análisis de la información de navegación médica en el territorio.

La metodología seguida en este proyecto se dividió en tres fases. La primera consistió en la caracterización de necesidades del sistema, comprendiendo actividades como la revisión del estado del arte, definición de alcances y limitaciones, así como el enlistamiento de variables y fuentes de información. La segunda fase se enfocó en el diseño e implementación de la base de datos geográfica, que incluyó la recolección y depuración de datos, modelamiento de la RIAS y creación de la base de datos.

La tercera fase consistió en el desarrollo del SIG, que implicó el diseño del geovisor, la estructura interna de procesamiento de datos y la interfaz visual para la interacción con el usuario. Esta fase concluyó con la integración de los componentes funcionales y visuales del sistema y su implementación mediante un visor web.

De cada fase se obtuvieron productos específicos: requerimientos funcionales y no funcionales, variables clave para el sistema, modelación metodológica y espacial de la RIAS, base de datos estructurada y los diferentes componentes del aplicativo. Cada uno de estos resultados contribuyó al desarrollo de una propuesta de SIG orientada a fortalecer la navegación médica territorial en el contexto urbano de Cali. En el transcurso del presente documento se amplían estos elementos y, en los anexos, se presentan productos intermedios como la base de datos y el enlace al aplicativo desarrollado.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cáncer es una enfermedad categorizada por el crecimiento de células descontroladas, anormales, en determinados tejidos del cuerpo, las cuales pueden invadir tejidos vecinos y diseminarse a otras partes del cuerpo a través del torrente sanguíneo y el sistema linfático por alteraciones en los mecanismos celulares responsables de la detección y eliminación de células defectuosas, que impiden la activación de funciones de muerte celular y favorece la formación de tumores (INC, s.f.). En el caso del cáncer de mama se da un crecimiento de células malignas en los tejidos mamarios en una o ambas mamas, convirtiéndolo en el tipo de cáncer más frecuente en mujeres a nivel mundial, y en un problema de salud pública debido a su alta tasa de incidencia y mortalidad, que involucra tanto a las personas como al sistema de salud (INS y MinSalud, 2023).

De acuerdo al Instituto Nacional de Cancerología (INC, 2023) y la Cuenta de Alto Costo (CAC, 2023), a partir de los datos reportados entre 2012 y 2016, a nivel nacional se registraron 9873 casos nuevos (37,5 por cada 100.000 mujeres/año) y 3006 defunciones (11,3 por cada 100.000/año), mientras que en el Valle del Cauca se registró la segunda mayor incidencia en cáncer de mama del país, con 47 casos por cada 100.000 habitantes y una tasa de mortalidad de 14,2 por cada 100.000 habitantes, cifras que han mantenido una tendencia al alza en el período 2021-2022, para el 2020 se estimaron aproximadamente 15.509 nuevos diagnósticos, para el 2040 se estima que aumenten a 23100 nuevos casos; en contraste, se registraron alrededor de 2.260.000 casos nuevos en 2020 a nivel mundial (Duarte et al., 2021).

En Colombia existen tres regímenes de afiliación para la atención en salud, el primero de ellos siendo el contributivo, al que pertenecen personas que pagan el servicio, el segundo es el subsidiado, en donde se encuentran aquellas personas con bajos ingresos, y el tercero es el especial, donde se encuentran empleados, y sus familiares, que trabajan en sectores públicos como la policía, fuerzas armadas, universidades y ecopetrol (CAC, 2023; Duarte et al., 2021). A pesar de beneficiarse aproximadamente el 93% de la población, hay diferencias en la atención que se ven marcadas entre las personas que pertenecen a diferentes estratos socioeconómicos, que generan brechas entre estos y sus oportunidades de acceder y permanecer en los tratamientos durante la continuidad definida (Bocanegra y Molina, 2021; Duarte et al., 2021; García-Ubaque y Quintero-Matallana, 2008).

En Colombia se han identificado 381 centros de atención oncológica que están distribuidos de forma desigual a través del territorio nacional, donde solo un 24% de aquellos sitios especializados en tratar cáncer de mama están dispuestos entre el departamento del Valle del Cauca y Antioquia (Duarte et al., 2021), estos tienden a concentrarse en su mayoría las zonas urbanas de los municipios, hacia la zona del centro-norte en el caso de Cali, en donde por consecuencia suelen verse afectadas comunidades que viven en la periferia de la ciudad o zonas rurales aledañas a éstas, con frecuencia pertenecientes a los estratos

socioeconómicos más bajos (1, 2 y 3) (Bocanegra y Molina, 2021; Cuervo et al., 2021; Duarte et al., 2021; Méndez et al., 2023).

Las investigaciones de Bocanegra y Molina (2021) y Méndez et al. (2023) destacan como en las ciudades de Cali y Cartagena, a causa de aspectos derivados de la segmentación geográfica entre los centros de atención y la residencia de los pacientes, afectan aspectos médicos como las oportunidades para detección, atención y tratamiento, además de que causa gastos de bolsillo y altos tiempos de viaje para que los pacientes se puedan desplazar para recibir la atención, influyendo en la calidad de la atención al igual que aspectos como el nivel de vulnerabilidad, nivel educativo y la pobreza.

Aparte de lo anterior, existe una escasez de profesionales capacitados en atención para cáncer de mama, generando altas tasas de nuevos casos y remisiones atendidos por profesional, largos tiempos de espera para diagnósticos y una alta cantidad de trámites, situación acentuada por la fragmentación de la prestación de servicios entre varios centros de atención, que genera una alta cantidad de gastos de bolsillo para los pacientes al tener que viajar entre los distintos centros de atención, viéndose incrementados para aquellos que viven alejados de las ciudades, ya que se incluyen gastos de hospedaje, alimentación, entre otros gastos varios (Bocanegra y Molina, 2021; CNC, 2022; Duarte et al., 2021; García-Ubaque y Quintero-Matallana, 2008; Méndez et al., 2023).

Los elementos anteriormente mencionados han afectado aspectos como la comunicación entre médicos-pacientes y el monitoreo de los pacientes por parte de los profesionales, la primera viéndose ya agravada por factores como la inasistencia de los pacientes a las consultas y tratamientos o por orientaciones médicas que estos no suelen comprender, mientras que para el monitoreo de pacientes no se puede estar al tanto del manejo que se les da de forma actualizada y frecuente, limitando un seguimiento continuo en el tratamiento de pacientes con cáncer de mama (Bocanegra y Molina, 2021; CNC, 2022; Duarte et al., 2021, Matassini-Eyzaguirre y Figueroa-Montes, 2021; Palacios-Espinosa y Vargas-Sterling, 2012).

En comparación a lo anterior, el sistema de salud en Colombia también presenta fragmentación y baja interoperabilidad entre los diferentes sistemas de información de salud, evidenciada a través de los casos de información duplicada o incompleta, que genera subregistros con baja calidad, impactando en la comunicación institucional de carácter público y privado de quienes reportan información y cuentan con sistemas de información propios que no están integrados o conectados con los sistemas oficiales del gobierno (Bernal-Acevedo y Forero-Camacho, 2011; Noguera et al., 2021).

Aunque en Colombia existen esfuerzos relacionados a la recolección de información de los pacientes, como el de los registros poblacionales de cáncer, destacando el Registro Poblacional de Cáncer de Cali (RCP) como el más antiguo de ellos, los cuáles a través de métodos como visitas, entrevistas y estudios de registros documentales de centros asistenciales, laboratorios y de la Secretaría de Salud obtienen e integran información estadística de estos,

correspondientes a todo Santiago de Cali, sin embargo, persiste la fragmentación en el tratamiento de la información y no representa en su totalidad a la población con cáncer en las demás regiones (Duarte et al., 2021; García et al., 2018; Torres, 2019).

Entidades estatales obtienen información del estado del cáncer en el país a través de diferentes fuentes, incluyendo el RCPP, en las que se ha evidenciado una integración de información inapropiada, con definiciones y estandarizaciones imprecisas respecto a normas internacionales, que ocasionan datos de completitud ineficaz, en donde a pesar de que esta información busca ofrecer análisis y estimaciones territoriales precisas y validadas, no hay evidencia que soporte que se toman en cuenta aspectos como la georreferenciación de los casos con los que se trabaja y que se recolectan en los diferentes niveles de atención y a partir de las diferentes fuentes información (Bravo, 2016; Bravo y Muñoz, 2018; Duarte et al., 2021; García et al., 2018).

En general, a pesar del potencial para rastrear la progresión de enfermedades e intervenciones espacialmente dentro de los territorios, siguiendo una gestión clínica individualizada para los pacientes, esta no suele llevarse a cabo activamente, sin embargo, los SIG son tecnologías viables para la representación de información de esta naturaleza en contextos determinados y puntuales de los tratamientos en los que se tiene información actualizada de los pacientes de forma regular (Musa et al., 2013; Najafabadi y Pourhassan, 2011).

Lo anterior permite plantear la siguiente pregunta problema: ¿Cómo puede un SIG facilitar la navegación médica territorial, a través de información espacial e integración de datos clínicos, sociodemográficos y administrativos para la gestión, seguimiento y monitoreo de pacientes con cáncer de mama de forma dinámica, en la zona urbana del distrito de Santiago de Cali?

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema de información geográfica para la navegación médica territorial en el tratamiento de los pacientes con cáncer de mama en la zona urbana del distrito de Santiago de Cali.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las variables sociodemográficas, clínicas y sociales dentro de la dinámica de la ruta de atención de cáncer de mama para la localización y gestión de la atención integral médica en los centros de atención de la zona urbana de Santiago de Cali.
- Consolidar la información clínica, sociodemográfica y social de los pacientes, los sitios de atención médica y los servicios especializados, a través de una base de datos geográfica, en la zona urbana de Santiago de Cali.
- Elaborar un visor geográfico en la web para los profesionales de la salud que permita la visualización y análisis de la información sobre navegación médica a pacientes con cáncer de mama, en la zona urbana de Santiago de Cali.

4. JUSTIFICACIÓN

Estudios regionales como la investigación del Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA, 2019) muestran un panorama epidemiológico a partir de sistemas de información nacionales y estudios específicos en donde se muestra información sobre la incidencia, mortalidad, factores de riesgo y protección del cáncer de mama en Brasil, que ha evidenciado la importancia de implementar programas de detección temprana y mejorar la infraestructura de salud pública para abordar las disparidades regionales, formulando políticas públicas más efectivas, centradas en la prevención y tratamiento del cáncer de mama en el país (INCA, 2019).

En Santiago de Cali, los tiempos de espera para la confirmación diagnóstica y el inicio del tratamiento oncológico han evidenciado problemas en la efectividad del sistema de salud, con demoras que pueden alcanzar hasta 15-20 días en diagnósticos, 100 días para el inicio de quimioterapia y 120 días para cirugías (CAC, 2023; Duarte et al., 2021). Estas demoras se asocian a barreras administrativas, geográficas y sociales que afectan el acceso oportuno a la atención oncológica, impactando la calidad de vida de las pacientes y aumentando la carga económica y emocional sobre estos y sus familias (CNC, 2022; García-Ubaque y Quintero-Matallana, 2008).

Uno de los principales problemas en la atención del cáncer de mama es la fragmentación en la prestación de los servicios médicos, lo que genera dificultades en la consolidación de tratamientos y exámenes, disminuyendo la calidad del servicio y generando repeticiones innecesarias de pruebas, tratamientos y otros procedimientos médicos, incrementando costos del sistema de salud y prolongando la incertidumbre de los pacientes (Castaño et al., 2021).

Como consecuencia los pacientes deben asumir gastos adicionales por los constantes desplazamientos entre diferentes centros de atención debido a la poca articulación entre las instituciones de salud, dificultando la organización de la información y generando incertidumbre en el diagnóstico inicial, lo que complica la toma de decisiones clínicas y retrasa el inicio del tratamiento reforzando la necesidad de contar con herramientas que permitan la integración efectiva de la información y mejoren la coordinación en la atención (Duarte et al., 2021).

En este contexto, el Ministerio de Salud y Protección Social (2016) ha establecido la RIAS para el manejo del cáncer de mama, la cual define los procesos de atención desde la sospecha diagnóstica hasta el seguimiento postratamiento, sin embargo, el cumplimiento efectivo de esta ruta enfrenta barreras logísticas, administrativas y geográficas que impiden garantizar tiempos de atención adecuados. Adicionalmente, la escasez de profesionales capacitados y la alta demanda de pacientes por especialista aumentan los tiempos de espera y dificultan la continuidad en la atención (CNC, 2022).

Ante esta situación, se requiere el desarrollo de soluciones innovadoras que permitan optimizar la gestión del tratamiento y mejorar la accesibilidad a los servicios de salud, por lo que los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han

demostrado ser herramientas clave en la gestión de servicios médicos al permitir el análisis de patrones espaciales de enfermedades y la planificación de intervenciones de salud pública (Wang, 2020). En este sentido, la geolocalización de unidades de atención, la identificación de áreas con mayor incidencia de cáncer y la detección de zonas con barreras de acceso a tratamientos son estrategias que pueden fortalecer la equidad en la atención oncológica (White-Means y Muruako, 2023).

En países de Latinoamérica como Argentina y Brasil, la incorporación de herramientas geoespaciales en la navegación oncológica ha contribuido a mejorar la comunicación entre pacientes y profesionales de la salud, optimizando los tiempos de referencia y contrarreferencia (INC-Argentina, 2023). De manera similar, en Colombia, el fortalecimiento de los SIG podría favorecer la articulación de los diferentes actores del sistema de salud, permitiendo la visualización integrada de información clínica, demográfica y administrativa para una toma de decisiones más eficiente (García et al., 2018; Noguera et al., 2021; Torres, 2019).

Considerando la necesidad de mejorar la navegación de pacientes y optimizar la eficiencia del sistema de salud, este proyecto propone el diseño e implementación de un SIG que permita consolidar información relevante para la atención de pacientes con cáncer de mama en Santiago de Cali, lo que no solo mejorará la organización y acceso a datos clínicos, sino que también servirá como una herramienta de apoyo para los profesionales de la salud, facilitando la gestión de la atención oncológica desde una perspectiva territorial y contribuyendo a la reducción de barreras que afectan el acceso oportuno a diagnósticos y tratamientos (Musa et al., 2013; Najafabadi y Pourhassan, 2011).

La implementación de un SIG en Santiago de Cali no solo abordará las necesidades específicas del cáncer de mama, sino que también podría sentar las bases para una atención oncológica más eficiente y equitativa en la región, siendo herramientas para el apoyo a la toma de decisiones, aportando el componente territorial, a aquellas relacionadas con intervenciones sociales en salud (Ascuntar-Tello y Jaimes, 2016; Noguera et al., 2021; Torres, 2019).

Este sistema ofrecerá la oportunidad de brindar un soporte integral a la navegación médica territorial mediante la geolocalización y organización de datos clínicos, sociodemográficos y administrativos, lo que facilitará la toma de decisiones informadas y brindará la posibilidad de mejorar la calidad de vida de los pacientes a través de un mejor acceso a diagnósticos oportunos y de un acompañamiento por navegación que ayude a superar barreras de acceso a tratamiento, mejorando la eficiencia de estos y la atención personalizada que los pacientes pueden recibir (White-Means y Muruako, 2023).

5. REVISIÓN DE LITERATURA

Se llevó a cabo la revisión de documentación técnica y académica, que consideran el uso de herramientas digitales en diferentes campos de la salud, particularmente de pacientes con enfermedades críticas como el cáncer de mama. En las siguientes secciones se aborda el marco conceptual en donde se presentan los conceptos más relevantes para esta investigación, en el referencial se exponen estudios e investigaciones en los campos transversales a este proyecto, y en el teórico se presentan las bases tecnológicas y científicas que sustentan este proyecto.

5.1. MARCO CONCEPTUAL

En este apartado se presentan las principales terminologías relacionadas al cáncer de mama en Colombia, la navegación médica territorial, las características de la información en salud pública y oncología, sobre el ciclo de vida de la información y los SIG.

5.1.1. Tratamientos asociados a la navegación médica territorial en Cáncer de mama

De acuerdo a la Resolución 3100 (MinSalud, 2019), define la atención y tratamientos para el cáncer de mama como el conjunto de procesos, procedimientos, actividades, recursos humanos, físicos, tecnológicos y de información, que tiene por objeto satisfacer las necesidades en salud y seguridad del paciente. Un servicio recurrente es el tamizaje o cribado, que entidades como la PAHO (1995) y WHO (2019) lo definen como la detección de anomalías que pueden pertenecer a un tipo de cáncer en personas asintomáticas, dándoles atención temprana para reducir la mortalidad y aumentar la tasa de supervivencia. Usualmente incluyen imágenes diagnósticas, como la Radiografía, Tomografía Computarizada, Resonancia Magnética, Ecografía, Mamografía y Tomografía por Emisión de Positrones (PET), entre otros (Lara-Tamburrino et al., 2013; WHO, 2025).

Hallazgos que se pueden encontrar en las imágenes diagnósticas de las mamas pueden analizarse e interpretarse a través del BI-RADS (Breast Imaging Reporting and Data System), sistema estandarizado para la interpretación y reporte de estudios de imágenes mamarias, que permite clasificar los hallazgos en una escala del 0 al VI, donde cada categoría indica el nivel de sospecha de malignidad, siendo 0 resultados no concluyentes, I normales, II benignos intrascendentes, III probablemente benignos, IV probablemente malignos, V altamente sugerente de malignidad y VI malignidad confirmada (Aibar et al., 2011; Pina et al., 2004).

Para soportar los diagnósticos y tratamientos específicos se suelen complementar con exámenes de extensión (receptor de la proteína del HER2, KI7 y receptores hormonales de estrógenos y progesterona) (Delgado et al., 2010; Durán et al., 2023), así como las biopsias que permiten obtener muestras del tejido de la lesión

mamaria en cuestión (Pina et al., 2004). Cabe mencionar que en la Resolución 3202 del (MinSalud, 2016) se establecieron las Rutas Integrales de Atención (RIA) como estrategia transversal para la atención de diversas patologías, incluyendo el cáncer de mama; que consideran tratamientos de quimioterapia, radioterapia y quirúrgicos, así como controles periódicos por medicina general y otros especialistas.

5.1.2. Navegación Médica y Territorial

La navegación médica es el proceso de acompañamiento que se realiza a los pacientes, sus familias y cuidadores, organizada por un profesional que comunica de forma asertiva a las personas información relevante que puede ayudarlos a superar las dificultades que pueden llegar a presentarse, usualmente en el sistema de salud y facilitarles el acceso a los servicios (Carrillo-González y Moreno-Castro, 2020). Aunque con frecuencia se observa un acompañamiento de navegación a pacientes con enfermedades de alta complejidad como lo son varios tipos de cáncer, esta metodología de acompañamiento se ha visto aplicada para el acompañamiento en algunos con otros tipos de enfermedades (Carter et al., 2018; McCloskey, 2009; Spiro et al., 2012).

Sus orígenes se remontan en el año 1990 en Nueva York, enfatizando en mujeres con cáncer de mama, a través de una intervención en donde se ofrecieron exámenes de mama gratis o de bajo costo, junto a un acompañamiento a los pacientes que procuró ayudarles a superar barreras financieras, comunicativas e informativas, médicas y emocionales, logrando un aumento en los diagnósticos tempranos y una mejor adherencia a los tratamientos (Freeman y Rodriguez, 2011). A partir de este modelo, surge la navegación médica territorial, una estrategia que no solo se enfoca en el acompañamiento individual de los pacientes, sino que también integra el componente espacial con el fin de mejorar la gestión de los recursos de salud y garantizar una atención equitativa (Musa et al., 2013; Schootman et al., 2017).

Este modelo, además, busca optimizar el acceso oportuno a los servicios médicos, reducir las barreras geográficas y facilitar la coordinación entre los diferentes niveles del sistema de salud (Carter et al., 2018). Su enfoque interdisciplinario involucra enfermeros, médicos, trabajadores sociales y otros profesionales de la salud, quienes desempeñan un papel fundamental en la identificación de obstáculos y la coordinación de la atención, abordando de manera integral las necesidades prácticas, sociales y emocionales de los pacientes (GW Cancer Center, 2022).

Desde una perspectiva geoespacial, la navegación médica territorial permite analizar de manera más precisa la relación de los pacientes con su entorno, teniendo en cuenta factores como la ubicación de su vivienda, su red de apoyo familiar y las divisiones administrativas del territorio en que habitan, que influyen directamente en su acceso a la atención y en la evolución de su enfermedad (Schootman et al., 2017). Asimismo, mediante el uso de herramientas geográficas, es posible mejorar la distribución de los servicios de salud, identificar

inequidades en el acceso y promover estrategias que reduzcan barreras geográficas, garantizando una atención más efectiva y equitativa para las personas (Kolifarhood et al., 2015; Musa et al., 2013; Schootman et al., 2017; White-Means y Muruako, 2023).

5.1.3. Información en salud pública y oncología

Diferentes proyectos relacionados a navegación médica han considerado el trabajo con una gran cantidad de pacientes, quienes provienen de diferentes contextos y cuentan con experiencias y características diversas; muchos de estos estudios se han desarrollado en zonas de estudio considerando poblaciones con aspectos sociales heterogéneos, relevantes por la diversidad de personas participantes de las iniciativas y estudios (McCloskey, 2009; Spiro et al., 2012), debido a esto al recolectar los datos de los pacientes se ha considerado catalogar la información de acuerdo a su naturaleza en: sociodemográfica, clínica y administrativa (Carroll et al., 2010; Carter et al., 2018; Clark et al., 2009; Hendren et al., 2010, 2011; Tejeda et al., 2013).

A pesar de que los datos sociodemográficos son esenciales para reducir desigualdades en salud, su implementación requiere estrategias de comunicación efectiva y garantías de privacidad para evitar incomodidad o desconfianza en las personas durante la recolección y el uso de estos (Kirst et al., 2013). Se resalta el hecho de que los profesionales que trabajan con la información de los pacientes procuran que esta se mantenga con un nivel de confidencialidad debido al carácter sensible que representan estos datos (Carroll et al., 2010; Hendren et al., 2010, 2011; McCloskey, 2009).

La información que fue considerada por otros estudios similares fue recolectada de diversas fuentes como: entrevistas a los pacientes (Carroll et al., 2010; Clark et al., 2009; Hendren et al., 2010, 2011; Spiro et al., 2012; Tejeda et al., 2013), entrevistas a líderes comunitarios y proveedores de salud (Spiro et al., 2012), revisión de historias clínicas por parte de los centros de atención médica (Clark et al., 2009; Griesse et al., 2020; Hendren et al., 2010, 2011; Spiro et al., 2012; Tejeda et al., 2013) y la revisión de bases de datos estatales (Spiro et al., 2012). Estudios como el de Carter et al. (2018) y el de Griesse et al. (2020) caracterizaron la información obtenida a través de revisiones de literatura y validaciones con expertos.

Es importante subrayar la importancia de progresivamente integrar los datos relacionados a los diferentes determinantes sociales de la salud de los pacientes en los registros médicos electrónicos y de capacitar a los profesionales de salud, no solamente para recolectarlos adecuadamente sino para utilizarlos efectivamente y de forma activa, ya que pueden ser fuentes de información relevantes que pueden permitir identificar inequidades y diseñar intervenciones más inclusivas, teniendo en cuenta el contexto de vida de los pacientes y de los sitios que habitan, mejorando la atención médica especializada (Davis et al., 2022; Schinasi et al., 2018).

5.1.4. Ciclo de vida de la información y de los Sistemas de Información Geográfica

Los SIG y la información asociada deben de seguir una variedad de lineamientos durante la vida útil que estos han de servir; ambos elementos atraviesan una serie de fases diferentes en el transcurso de sus ciclos de vida útil, cada una contemplando una serie de objetivos distintivos y que aseguran la correcta funcionalidad y los beneficios que se pueden obtener durante el desarrollo de la solución a un problema o necesidad específica (Berzal, s.f.; Faundeen et al., 2014; Faundeen y Hutchison, 2017).

De acuerdo a Faundeen et al. (2014) y Faundeen y Hutchison (2017) la información con fines investigativos puede seguir un ciclo de vida estructurado, pensado en relación con las funciones que puede desempeñar y las actividades de las personas involucradas; las fases de este ciclo son: Planear, Adquirir, Procesar, Analizar, Preservar y Publicar/Compartir; actividades intrínsecas al desarrollo de este ciclo son la diligencia de la documentación y metadatos, el aseguramiento de la calidad y la realización de copias de seguridad rutinarias.

En la fase de Planear se consideran todas las fases del ciclo y las actividades relacionadas al manejo de datos, la fase de Adquirir representa la metodología de recolección de datos (nuevos o retrospectivos); en la de Procesar involucra las actividades relacionadas con la preparación y procesamiento de la información; en la de Analizar se explora y se interpreta la información que ha sido procesada; la de Preservar está asociada con el almacenamiento de la información obtenida a largo plazo, y la fase de Publicar/Compartir está relacionada con la divulgación de la información a través de cualquier medio a nivel público o a las partes interesadas únicamente (Faundeen et al., 2014; Faundeen y Hutchison, 2017).

Por otro lado, para Berzal (s.f.) los sistemas de información, incluyendo a los SIG, siguen de igual forma su propio ciclo de vida, consistiendo en Planificación, Análisis, Diseño, Implementación, Pruebas, Instalación/Despliegue y Uso/Mantenimiento. En este proceso, se estudia la problemática, viabilidad y alcances; se definen los requerimientos y la estructura del sistema; se implementan herramientas y se realizan pruebas para detectar errores; luego, el sistema se despliega y, finalmente, se mantiene mediante correcciones, adaptaciones y mejoras según nuevas necesidades (Berzal, s.f.).

5.2. MARCO REFERENCIAL

Esta sección de revisión literaria, busca brindar una comprensión de cómo se han desarrollado medidas administrativas vigentes para abordar desafíos actuales del seguimiento y tratamiento del cáncer de mama en Colombia, como se han creado fuentes y sistemas de información para divulgar esta, adicionalmente se exploran estrategias implementadas internacionalmente en estudios de navegación médica y las variables consideradas por estos, por otro lado se presenta el uso que se le han dado a los SIG y la información en campos relacionados a la salud pública.

5.2.1. Medidas administrativas relacionadas al cáncer de mama en Colombia

En Colombia, el abordaje del cáncer de mama ha sido priorizado dentro de las políticas públicas de salud debido a su alta incidencia y mortalidad, pues esta enfermedad es una de las principales causas de fallecimiento en mujeres a nivel nacional, según el Instituto Nacional de Cancerología (INC, 2023) y la Cuenta de Alto Costo (CAC, 2023). Para enfrentar esta problemática, el Ministerio de Salud y Protección Social ha implementado diversas estrategias, entre las que se destaca la RIAS para la prevención y control del cáncer, establecida mediante la Resolución 3202 de 2016. Esta medida busca estandarizar el acceso y la calidad en la atención mediante un modelo que integra acciones de promoción, detección temprana, diagnóstico, tratamiento y seguimiento de la enfermedad, con énfasis en la reducción de barreras para la atención oportuna (MinSalud, 2016).

Para la atención del cáncer de mama la eliminación de barreras en el acceso a la mamografía y otros métodos diagnósticos es fundamental para garantizar una detección temprana efectiva y reducir la mortalidad asociada (Freeman y Rodriguez, 2011), según lo señalado por Duarte et al. (2021) destacan que en Colombia la falta de un programa de tamizaje organizado ha llevado a que la detección se realice de manera oportunista y dependa del acceso de las pacientes a los servicios de salud. En este sentido, el Ministerio de Salud y Protección Social (2023) ha generado estrategias como la tamización con examen clínico anual a partir de los 40 años y la mamografía bienal entre los 50 y 69 años, con el fin de mejorar la identificación de la enfermedad en sus estadios iniciales.

En términos de vigilancia y monitoreo, la Cuenta de Alto Costo ha desarrollado bases de datos epidemiológicas que facilitan el seguimiento de los casos diagnosticados y la evaluación del impacto de las estrategias implementadas; no obstante, persisten desafíos en la interoperabilidad de los sistemas de información y en la cobertura efectiva de estas medidas a nivel nacional (CAC, 2023; Duarte et al., 2021). Aunque avances como los de la CAC (2023) y Duarte et al. (2021) han contribuido a un mejor control epidemiológico, el acceso equitativo a la detección y tratamiento del cáncer de mama sigue siendo un reto significativo, lo que enfatiza la necesidad de fortalecer la infraestructura y optimizar los mecanismos de monitoreo para mejorar la respuesta del sistema de salud ante esta enfermedad.

En Colombia, la navegación es una estrategia que tiene el potencial de mejorar la experiencia del paciente en el sistema de salud, favoreciendo la adherencia al tratamiento, optimizando la gestión administrativa y reduciendo las dificultades de acceso a atención oncológica (Carrillo-González y Moreno-Castro, 2020). Pimiento (2023) resalta que en Cali se han empezado a formar profesionales con un enfoque específico en navegación médica en oncología y certificados internacionalmente; adicionalmente proyectos de navegación, como el realizado por Bedoya y Vélez, (2015) con pacientes de cáncer de mama del Hospital Universitario del Valle (HUV) de Cali, muestra que esta es una estrategia que beneficia a pacientes y agiliza procesos administrativos y de cuidado médico.

5.2.2. Fuentes y sistemas de información del sector salud disponibles en Colombia

El Registro Poblacional de Cáncer de Cali (RPCC) es una de las principales fuentes de información sobre este padecimiento, debido a que considera la incidencia y características de los casos de cáncer en la ciudad, a través de información sistematizada proveniente de hospitales y laboratorios especializados, y en comunicación con la Secretaría de Salud Pública Distrital García et al., (2018). Estas características han ocasionado que la información que proporciona el RPCC sea considerada dentro de estudios intersectoriales a nivel nacional sobre reportes de cáncer y sus procesos de atención, ofreciendo una estimación precisa sobre la carga del cáncer en varias regiones del país (Bravo, 2016; Bravo y Muñoz, 2018).

Según Noguera et al. (2021) bases de datos especializadas, cuyo diseño no se enfoca principalmente hacia el sector salud, resultan de utilidad al complementar los sistemas de información sanitaria; por su parte, las bases de datos en salud almacenan información detallada sobre enfermedades, tratamientos, registros clínicos y demografía sanitaria; mientras que otros repositorios, como los sociodemográficos, ambientales o económicos, ofrecen datos sobre determinantes sociales de la salud, condiciones de vida, acceso a servicios y factores ambientales y territoriales que inciden en el bienestar de la población.

La disponibilidad de fuentes de información desempeña un papel fundamental en la gestión, vigilancia y toma de decisiones en salud pública, permitiendo la recopilación, análisis y disseminación de datos esenciales sobre morbilidad, mortalidad, atención en salud y factores epidemiológicos, contribuyendo a la planificación y ejecución de estrategias sanitarias a nivel nacional como local (Noguera et al., 2021). Por su parte, el Sistema de Información en Salud de Colombia está conformado por cuatro subsistemas de información: económica; financiera y administrativa; sociodemográfica y ambiental; epidemiológica; y clínica, los cuales conforman infraestructuras como la Base de Datos Única de Afiliados (BDUA), que almacena información sobre usuarios del Sistema General de Seguridad Social en Salud (SGSSS), y el Análisis de la Situación de Salud (ASIS), que caracteriza el estado de la población a nivel territorial y permite la formulación de políticas públicas basadas en evidencia (Noguera et al., 2021).

En Colombia los sistemas han operado de forma aislada, generando duplicidad en reportes y limitando la interoperabilidad entre entidades públicas y privadas, impidiendo un flujo de información eficiente para la toma de decisiones; esta diversidad de fuentes representa un desafío para la integración de datos, lo que dificulta el acceso a registros completos y de calidad (Bernal-Acevedo y Forero-Camacho, 2011; Noguera et al., 2021). Se han propuesto estrategias para mejorar la integración, como la digitalización de historias clínicas y fortalecimiento de sistemas que centralizan fuentes para análisis y gestión sanitaria (Noguera et al., 2021); aunque su implementación ha sido desigual debido a limitaciones en infraestructura tecnológica y capacitación del personal de salud, este ha mostrado beneficios en distintos contextos (Pinzón, 2006; Schinasi et al., 2018).

5.2.3. Estrategias internacionales de Navegación Médica

A nivel internacional, la efectividad de la navegación médica ha estado influenciada por factores sociales y económicos (Matassini-Eyzaguirre y Figueroa-Montes, 2021). Variables como la condición socioeconómica, el nivel educativo y la cobertura en salud han incidido en la experiencia de las pacientes y en su acceso a los servicios médicos (Bedoya y Vélez, 2015). Se ha planteado que fortalecer la formación de los navegadores y dotarlos de herramientas adecuadas permitiría abordar mejor estas problemáticas, mientras que el uso de tecnologías digitales podría optimizar la gestión de datos y mejorar la comunicación con el personal de salud (INC-Argentina, 2019).

En la región el acceso a tratamientos se ha visto condicionado por disponibilidad de infraestructura hospitalaria y dificultades en el monitoreo de casos, generando demoras en procedimientos y variaciones en la adherencia a tratamientos (Matassini-Eyzaguirre y Figueroa-Montes, 2021), así como la limitada integración de Tecnologías de la Información y Comunicación en centros hospitalarios es un desafío para el funcionamiento de programas, esto ha llevado a proponer inversiones en tecnología y capacitación para ampliar alcance (Bedoya y Vélez, 2015; Schwarz, 2021). Casos como Argentina muestran que la adopción de tecnologías ha avanzado de manera progresiva, optimizando la navegación médica, toma de decisiones y seguimiento de casos (INC-Argentina, 2019).

Según Matassini-Eyzaguirre y Figueroa-Montes, (2021) el acompañamiento a personas con cáncer de mama ha sido utilizado para reducir barreras en el sistema de salud, mejorar la equidad en la atención y agilizar tiempos de diagnóstico y tratamiento a través de medios tanto remotos como presenciales (Schwarz, 2021). Los primeros mencionan que la navegación de pacientes ha sido una estrategia para mejorar la continuidad del cuidado y optimizar la articulación entre los distintos actores sanitarios, principalmente en contextos como el de América Latina, donde existen desigualdades en el acceso a los servicios de salud, evidenciándose en casos como el de la implementación de estrategias de navegación en hospitales de Lima ha contribuido a reducir la incertidumbre y mejorar el acceso a los servicios de salud.

El Instituto Nacional del Cáncer de Argentina (INC-Argentina) ha desarrollado un programa para la detección y tratamiento del cáncer de mama, cuyo propósito es acompañar a las personas afectadas en su recorrido por la red hospitalaria, reduciendo barreras administrativas y estructurales, mejorando la articulación entre los diferentes niveles del sistema de salud para optimizar la coordinación en la atención (Schwarz, 2021). En Colombia, programas gestados desde el sector académico, como el AIMMA (Atención Integral a las Mujeres con Cáncer de Mama), han promovido la navegación médica como una herramienta para mejorar la adherencia de los pacientes a tratamientos, no obstante, aún enfrenta retos en la sistematización de datos, que dificulta la integración de información entre los distintos actores del sistema (Bedoya y Vélez, 2015).

La evidencia señala que aquellas regiones en donde se han implementado programas estructurados de navegación, han logrado mejorar la adherencia de los pacientes a los tratamientos, especialmente en poblaciones con dificultades de acceso geográfico (Carrillo-González y Moreno-Castro, 2021; Bedoya y Vélez, 2015; Matassini-Eyzaguirre y Figueroa-Montes, 2021; Pautasso et al., 2020; Pfizer, 2018; Rodrigues et al., 2021). Esto ha llevado a plantear la necesidad de adaptar estas estrategias a las características y necesidades de cada territorio para garantizar un acceso equitativo a la atención oncológica (Ascuntar-Tello y Jaimes, 2016; INC-Argentina, 2019; Kolifarhood et al., 2015; Mériade y Rochette, 2021; Musa et al., 2013).

5.2.4. Variables determinantes en la Navegación Médica en desarrollos internacionales

Diversos estudios han tomado en cuenta los determinantes sociales de la salud, caracterizados de diferentes formas y para diferentes fines, como Beauchamp et al. (2024) quienes priorizan variables relacionadas a estadísticas territoriales generales a la población, con el fin de realizar un índice espacial para medir los determinantes sociales de la salud en todo Estados Unidos, sin embargo, se toman en cuenta mediciones amplias y no del todo representativas a nivel individual, tales como la inequidad de ingresos, el nivel de pobreza general de la población, hogares con y sin acceso a vehículos, segregación racial por zonas, entre otros.

Dentro de las investigaciones en navegación médica algunas se han enfocado en mayor medida hacia los navegadores, centrándose en variables generales del entorno, sin abordar variables específicas por pacientes, como lo son el área física geográfica, número de habitantes, tasa de inmigrantes y etnias, nivel general de pobreza, ingresos y nivel educativo por hogar, índice de natalidad, mortalidad y criminalidad (Spiro et al., 2012), en un estudio similar, McCloskey (2009) caracteriza su zona de estudio tomando en cuenta la distribución de hombres y mujeres, estatus de los habitantes como locales o recién llegados, tasa de desempleo, edad de los habitantes y la proporción de distribución étnica.

Estudios más enfocados a las características de las personas, posicionan al paciente y sus características intrínsecas como eje articulador del proceso que debe llevar en el marco de su tratamiento, destacando estudios como el de Kolifarhood et al. (2015), que relacionan la influencia de los determinantes sociales de la salud en el desarrollo del tratamiento para tuberculosis en Irán usando SIG, por su parte Cabo-Meseguer et al. (2019) hacen una caracterización sociodemográfica de las personas con fibromialgia en Valencia, España, por su parte Rosentel et al. (2020), en Estados Unidos estudian la equidad territorial aplicada a la salud pública; todos estos autores coinciden en la consideración de variables tales como la edad, género, sexo, procedencia geográfica, tipo de aseguramiento en salud, tipo de enfermedad, nivel educativo, actividad laboral, nivel económico y su lugar de domicilio (rural/urbano).

Por otra parte, los estudios de Carroll et al. (2010), Carter et al. (2018), Clark et al.

(2009), Hendren et al. (2010, 2011), McCloskey (2009) y Tejeda et al. (2013), centran sus investigaciones en navegación médica orientando sus enfoques hacia los principales determinantes sociales en salud, con un enfoque sistémico que clasifica los datos en sociodemográficos, clínicos y administrativos; entre los sociodemográficos más frecuentes se incluyen: género, edad, raza y etnia, lugar de nacimiento, estado civil, nivel educativo, ocupación, modo de transporte, condiciones de comorbilidades previas y discapacidades; los clínicos consideran tipo de enfermedad, tiempo de inicio del tratamiento, agendamiento de consultas, uso de imágenes diagnósticas y fecha de realización, clasificación BIRADS, seguimiento y remisiones, realización de biopsia, entre otros; finalmente, los administrativos contemplan el asegurador de salud, estado actual del aseguramiento y tipo de asegurador de salud.

5.2.5. El rol de la información espacial y los SIG en proyectos de monitoreo de salud y cáncer

Para la salud pública, los SIG se presentan como herramientas que analizan la distribución geográfica de enfermedades, identifican patrones epidemiológicos, calculan áreas de influencia y evalúan la accesibilidad a servicios de salud, en diferentes escalas territoriales y patológicas, entre otros; siendo de gran utilidad para apoyar procesos de planificación y desarrollo de toma de decisiones, distribución de diferentes tipos de recursos para intervenciones, gestión de procedimientos médicos y seguimiento de tratamientos a pacientes, ofreciendo una visión territorial de fenómenos como la incidencia y prevalencia de enfermedades (Ascuntar-Tello y Jaimes, 2016; Bell et al., 2006; Joshua et al., 2017; Musa et al., 2013; Najafabadi y Pourhassan, 2011; Rodríguez, 2008; Sasmito y Ratono, 2023; Schootman et al. 2017; Wan et al., 2020; Wang, 2020). A medida que la información disponible ha aumentado progresivamente, los SIG ganan protagonismo para el estudio de la evolución de enfermedades como el cáncer de mama, mejorando la eficiencia y la efectividad de tratamientos (Virgilsen et al., 2020).

Por otro lado, experiencias exitosas en diferentes proyectos que integran la navegación médica como eje de investigación son destacadas, por la variabilidad en aplicaciones tecnológicas, de formato y la diferente naturaleza de la información, entre los que se destacan estudios como el de Amin et al. (2021) y Firouraghi et al. (2020) que demuestran la utilidad de las bases de datos geoespaciales para el análisis de patrones de incidencia de cáncer, al integrar factores de riesgo e identificando disparidades geográficas entre estos y una posible correlación con factores ambientales y el estilo de vida de las personas, dependiendo de la ubicación espacial de los pacientes.

En la misma línea se encuentra el trabajo de Sahar et al. (2019), quienes enfatizan la utilidad del mapeo en epidemiología, integrando tecnologías, afín a lo presentado en el estudio de Mériade y Rochette (2021), que realizan un análisis de accesibilidad a los centros de atención por parte de pacientes con cáncer de mama, utilizando datos cualitativos y cuantitativos; por otro lado, en el estudio de Adu (2022) se logra mapear la distribución de pacientes con cáncer de mama en

un hospital de Indonesia, mientras que en el estudio de White-Means y Muruako (2023) se identificaron barreras en el acceso a la atención del cáncer de mama para mujeres afroamericanas, examinando la relación de la composición racial, segregación residencial, niveles de ingresos y la ubicación de instalaciones de mamografía en diversas áreas metropolitanas de los Estados Unidos.

Finalmente se identifican estudios centrados en la evolución del tratamiento de pacientes como los de Arcilla et al. (2013) y Ford et al. (2019) que presentan herramientas para el monitoreo constante del progreso de los pacientes con cáncer de mama en Filipinas desde el diagnóstico inicial hasta el tratamiento y su desenlace, en el caso del primero, mientras que en el segundo se caracterizaron los patrones de derivación al registro de cáncer colorrectal hereditario en el Centro Médico de la Universidad de Vanderbilt usando tecnología SIG a través de un tablero de control (dashboard).

5.3. MARCO TEÓRICO

En este apartado se presentan los elementos teóricos que soportan este proyecto, se desarrolla el contenido teórico relacionado con la navegación médica en el campo de la salud pública y epidemiología, cáncer de mama, bases de datos geográficas, entre otros relevantes para dar sustento a la investigación.

5.3.1. Teoría epidemiológica

Mientras la salud pública se enfoca en el bienestar colectivo de las personas, englobando diversas estrategias como la promoción y prevención de la salud, estando a cargo de estas labores el estado gobernante (Franco-Giraldo, 2022; Gómez, 2019), la epidemiología es un área del conocimiento que le aporta a la salud pública y que se puede complementar con varias disciplinas, teniendo como objetivos estudiar la aparición, distribución y desarrollo de enfermedades en la población, aportando datos del origen territorial y temporal de enfermedades, empleando enfoques cualitativos y cuantitativos para abordar problemas sanitarios, a través de la vigilancia, mejoría, corrección y mantenimiento de las situaciones (Arango, 2010; Machado, 2001; Rusnák et al., 2018).

En la epidemiología también se considera un componente social, en el que en conjunto con la faceta estadística y médica, se puede llegar a la toma de decisiones informada en salud pública para establecer intervenciones adecuadas para tratar las problemáticas que se presentan en determinados territorios, por lo que se considera que dentro la epidemiología pueden intervenir varias disciplinas (Arango, 2010; Bartlett y Judge, 1997; Machado A, 2001).

5.3.2. Teoría General de Sistemas y los Sistemas De Información Geográfica

La Teoría General de Sistemas (TGS) plantea que los sistemas son conjuntos de elementos interrelacionados con estructura definida, que pueden ser o contener subsistemas y sirven como soporte técnico en distintas áreas, ofreciendo

resultados útiles mediante metodologías similares que permiten abstraer la realidad (Alarcón, 1999; Arnold y Osorio, 1998). Esta aproximación considera como prioritarios los objetivos de la organización o cliente, el financiamiento, el problema a resolver, los usuarios y la información requerida (Alarcón, 1999). Por su parte, Arnold y Osorio (1998) destacan que los sistemas interactúan con un entorno que los influye, presentan complejidad según la cantidad de elementos e interacciones, y se caracterizan por sus funciones, su flujo de información (implícita, recibida y generada) y su orientación hacia un servicio u objetivo.

Con base en lo anterior, se menciona a Ascuntar-Tello y Jaimes (2016) que definen el Sistema de Información Geográfica (SIG) como un conjunto de equipos, programas, métodos, personas y aspectos institucionales para recolectar, almacenar, analizar y trabajar con información espacial; haciendo que una de las características de estos sistemas sea la versatilidad, rasgo que los hace útiles en múltiples disciplinas. Entender sus componentes, en especial el software, es clave, pues provee las herramientas para almacenar, analizar y visualizar datos geográficos (Torres, 2015).

Inicialmente, la migración de SIG de escritorio a plataformas web enfrentó limitaciones por la dependencia del internet, lo cual afectaba su eficiencia (González y Lema, 2015). No obstante, el acceso a información geográfica se ha generalizado, siendo ahora un recurso valioso para entidades y ciudadanía, favoreciendo su recolección y divulgación mediante aplicativos e infraestructuras de datos espaciales (Jiménez, 2015; Siabato, 2018). Los SIG permiten manejar grandes volúmenes de datos georreferenciados de diversas fuentes, evitando redundancias y mejorando la precisión en análisis, aunque requieren de herramientas y técnicas específicas para su implementación dependiendo de la disciplina con la que se trabaje (Burrough y McDonnell, 2019; Buzai y Montes, 2021; Fernández et al., 2009; González, 2022; Kienberger et al., 2013; Kolifarhood et al., 2015).

5.3.3. Bases de datos geográficas

Las bases de datos son colecciones de información específica agrupada y organizada, que siguen una serie de reglas y estándares dentro de su estructura, uno de los modelos que más se usa en la actualidad es el de las bases de datos relacionales, desarrollado por Codd (1970). Las bases de datos suelen ser manejadas por sistemas gestores de bases de datos (SGBD), utilizando lenguaje de sintaxis SQL que permiten acceder a la interfaz para manipular e interactuar con los datos que se tengan almacenados (Huawei Technologies Co., 2023).

Para el diseño de las bases de datos se comienza por la construcción del modelo conceptual (donde se toman en cuenta los requerimientos de los usuarios y se abstraen de la realidad a través del modelo Entidad/Relación), se continúa con el modelo lógico (donde se convierte el diseño conceptual en un modelo de datos concreto y se organizan los datos a través del proceso de normalización) y el modelo físico (en donde se ajustan los atributos físicos del modelo lógico para mejorar el desempeño de la base de datos), después de estructurar los modelos

finalmente se considera una fase de implementación y una de mantenimiento (Berzal, s.f.; Codd, 1970; Huawei Technologies Co., 2023).

Dentro de estos sistemas se incorporaron las bases de datos relacionales espaciales, capaces de almacenar, gestionar y analizar información con componentes y referencias espaciales, integrándolos junto a datos no espaciales en una misma estructura, añadiendo componentes como coordenadas, polígonos y redes, cuya estructura maneja la representación con capas vectoriales (representando entidades mediante puntos, líneas y polígonos) y capas ráster (que emplea celdas para representar superficies continuas), esta integración facilita el acceso, manipulación y análisis con la información, garantizando una mayor integridad y seguridad. (Burrough y McDonnell, 2019; Buzai y Montes, 2021; Cardenas, 2024).

La información organizada en bases de datos, tanto espaciales como no espaciales, son el núcleo de los sistemas de información, es por esta razón es que el ciclo de vida de cada base de datos se verá inmerso en el ciclo de vida del sistema de información al que pertenezca (Berzal, s.f; Torres, 2015). En el ámbito de los SIG, éstos permiten gestionar grandes volúmenes de información espacial de manera eficiente (Burrough y McDonnell, 2019).

6. METODOLOGÍA

El desarrollo de este proyecto se estructuró en tres fases, cada una con un objetivo específico asociado, considerando aspectos técnicos de la literatura consultada. Desde el análisis inicial de la situación actual hasta la planificación e implementación, cada etapa se organizó para asegurar un enfoque sistemático (ver figura 1) que aportará al cumplimiento del objetivo general, con el fin de responder a las necesidades específicas de los usuarios que interactúen con el sistema, alineándose con las limitaciones y alcances establecidos. A continuación, se describen las fases del proyecto, detallando en mejor medida las actividades, objetivos y resultados esperados.

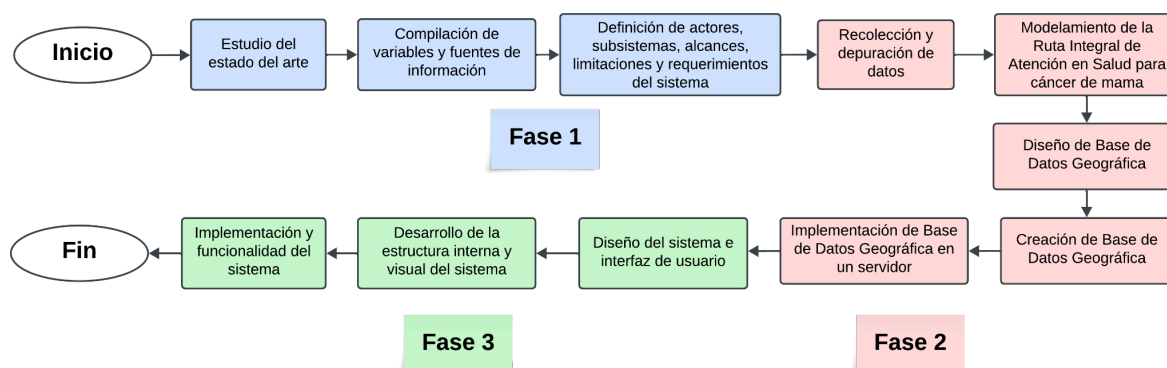


Figura 1. Diagrama de flujo metodológico discriminado por fases metodológicas. Fuente propia.

Para asegurar que el desarrollo de las diferentes fases de la metodología estuvieran alineadas con la pertinencia y aplicabilidad del proyecto, éstas se validaron a través de mesas de trabajos conjuntas con: magíster en administración de salud, especialista en auditoría de la salud y magíster en salud pública, cirujana mastóloga, especialista en epidemiología, y estudiantes de medicina. Todos ellos afiliados a la unidad de Investigación Desarrollo e Innovación en cáncer (IDI en cáncer) de la Facultad de Salud de la Universidad del Valle.

6.1. FASE I: CARACTERIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL SISTEMA

Se inició con un estudio del estado del arte de la literatura relacionada con la navegación médica y el tratamiento del cáncer de mama, que posteriormente dio paso a la compilación de variables y fuentes de información, que llevó a culminar esta fase a través de la definición de actores, subsistemas, alcances, limitaciones y requerimientos para el SIG. A continuación se presentan las actividades relacionadas a esta fase.

6.1.1. Estudio del estado del arte

Esta fase inició con reuniones de especialistas oncológicos y conocedores de la navegación de pacientes, apoyados con búsquedas sistemáticas de información en bases de datos científicas como ScienceDirect, Redalyc, entre otros, además

de documentos gubernamentales y publicados por organizaciones médicas, tanto nacionales como extranjeras. También se asistió a conversatorios y congresos con temáticas de gestión clínica, administrativa y social del cáncer y la integración de tecnologías para su gestión, con el objetivo de comprender el estado actual de la navegación médica territorial y su implementación en contextos geográficos.

Para la selección de los documentos del estado del arte, se establecieron criterios como la relevancia temática (relación con la navegación médica, el uso de los SIG en salud, situación actual de los sistemas de información en salud que se utilizan en este momento en Colombia y caracterización de determinantes sociales de la salud en proyectos afines) y la fecha de publicación. La información recopilada y analizada aportó una visión actualizada sobre los procesos de seguimiento a pacientes con cáncer de mama, sirviendo de soporte en las consecuentes fases de la metodología.

6.1.2. Compilación de variables y fuentes de información

Se realizó la caracterización de las variables y fuentes de información para el proyecto, integrando hallazgos de investigaciones clínicas afines identificadas en la fase previa. Esta caracterización se desarrolló siguiendo estándares propuestos en el contexto de la navegación de pacientes, como los planteados por Carter et al. (2018), Clark et al. (2009), Hendren et al. (2010, 2011) y Tejeda et al. (2013). Asimismo, se consideraron lineamientos sobre el uso de los SIG en salud descritos por Beauchamp et al. (2024), Cabo-Meseguer et al. (2019) y Kolifarhood et al. (2015), contrastándolos con los definidos por instituciones oficiales, como en los informes del CAC (2023).

Al enlistar las variables se consideraron aspectos como el tipo de dato con el que se representan, su utilidad y las relaciones que se podrían presentar entre las diferentes variables. Contrastando la naturaleza de la información, se operacionalizaron en cuatro categorías: variables sociodemográficas, clínicas, administrativas del SGSSS y espaciales, siendo estas últimas aquellas que se representan directamente en el espacio geográfico. Las características consideradas durante la clasificación de la lista de variables se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Características de las variables. Fuente propia.

Características	Descripción
Variables	Se refiere al nombre de la variable.
Descripción	Alude a las definiciones y/o uso que se le da a las variables dentro del sistema.
Tipo de variable	Está relacionado con la naturaleza de la información, como se puede analizar o medir.
Tipo de datos	Corresponde a la forma en la que la información se representa y almacena en la base de datos.
Unidades	Hace referencia a la medida de las variables.
Cambiante	Indica el flujo cambiante a través del tiempo de la variable.

Fuente	Hace referencia de donde obtuvo la información de la variable.
Fecha	Indica el momento de cuando se obtuvo la información de la variable.
Formato	Hace referencia a las diferentes formas que puede estar representada la información de la variable.
Referencia de la información	Implica la fuente o soporte bibliográfico considerado de la información de la variable.

6.1.3. Definición de actores, subsistemas, alcances, limitaciones y requerimientos del sistema

Teniendo en cuenta el eje temático de este proyecto, se consideraron a los actores y subsistemas involucrados en el funcionamiento del sistema, así como los alcances, limitaciones y requerimientos, contemplando aspectos como el componente territorial y las características inferidas en alineamiento con las necesidades de los usuarios finales, realizando una revisión conceptual de los procesos de navegación médica se identificaron elementos que orientarán técnicamente el diseño del sistema.

6.1.3.1. Definición de actores del sistema

Se identificaron los actores del sistema, con el fin de comprender los flujos de información, las responsabilidades institucionales y los perfiles de uso previstos. Durante estas sesiones se analizaron los distintos roles involucrados en la atención a pacientes con cáncer, con un mayor enfoque hacía aquellos actores que intervienen directamente en el acompañamiento clínico, toma de decisiones, recolección de datos y soporte operativo del sistema. Para guiar la delimitación de usuarios, se consideraron criterios técnicos (nivel de interacción con el sistema), éticos (acceso a información sensible) y operativos (frecuencia y tipo de uso).

6.1.3.2. Definición de subsistemas

La composición del sistema se definió con base en un análisis funcional de las necesidades propias del proceso de navegación médica, por medio de diferentes visiones funcionales del sistema, se permitieron identificar los módulos más convenientes y las funciones esperadas para cada uno. En esta etapa se estableció una propuesta de organización general que sirviera como punto de partida para el desarrollo de la plataforma, considerando criterios de usabilidad, pertinencia clínica y viabilidad técnica.

6.1.3.3. Definición de alcances y limitaciones del sistema

Se definieron una serie de alcances y limitaciones, sistematizadas en un listado de caracterización o ficha técnica, valorada en procesos de revisión, donde se establecieron elementos como el área de interés o la naturaleza de la información considerada, con el fin de precisar las limitaciones técnicas, temáticas, operativas y de ejecución del sistema.

6.1.3.4. Definición de requerimientos funcionales

Para los requerimientos funcionales se identificaron las acciones que el sistema debía realizar y su distribución lógica dentro de los subsistemas, de esta manera logrando construir un listado de requerimientos organizados en una matriz que incluye los siguientes campos: código del módulo, nombre del módulo, variables que intervienen, descripción del requerimiento, requisito previo, precondition, postcondición y usuarios relacionados.

6.1.3.5. Definición de requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales se construyeron en paralelo a los funcionales, a partir del análisis de condiciones necesarias para asegurar un desempeño óptimo del sistema, considerando criterios técnicos recopilados durante las fases previas e incluyendo aspectos relacionados con interoperabilidad, rendimiento, visualización, seguridad de los datos y experiencia del usuario. Adicionalmente, se documentaron las herramientas de desarrollo utilizadas y las plataformas previstas para la implementación, garantizando una base metodológica clara para futuras mejoras o ampliaciones del sistema.

6.2. FASE II: IMPLEMENTACIÓN DE BASE DE DATOS GEOGRÁFICA

Se continuó con la recolección, depuración y simulación de los datos necesarios, para el modelamiento de la RIAS para cáncer de mama a través de una adaptación al sistema, a partir de la definida por MinSalud (2023), que permitió la construcción de la respectiva base de datos. A continuación se presentan los procedimientos llevados a cabo para dar cumplimiento a esta fase.

6.2.1. Recolección y depuración de datos

Esta fase inició con la recolección de datos clínicos y espaciales, contemplando las posibles funcionalidades principales del sistema y los métodos empleados para la recopilación, análisis y almacenamiento de datos. Parte de la información se obtuvo de fuentes de datos oficiales como el REPS y la IDESC, del primero se extrajeron datos alfanuméricos correspondientes a los centros de atención médica y los servicios que estos ofrecen, mientras del segundo se obtuvieron capas espaciales de los centros de atención, los equipamientos educativos y de la división administrativa del distrito (barrios y comunas de Santiago de Cali).

Se contó con insumos de creación propia, específicamente la capa geográfica de pacientes, ya que con el fin de evitar cualquier implicación ética relacionada al uso de datos reales de estos últimos se simuló los datos necesarios asociados a las variables consideradas o se adaptó información extra para completar según fuera el caso, como la dirección, que se consideró desde la capa de equipamientos educativos, además, se seleccionaron historias clínicas por parte de especialistas en salud, únicamente como referencia al momento de trabajar en la simulación de los casos, para probar la funcionalidad del sistema con casos aproximados a la realidad, sin estar ligados a pacientes reales.

Las capas con información y visualización espacial se importaron y organizaron en el software ArcGIS Pro, una aplicación de escritorio para creación y análisis de mapas y datos geográficos, seleccionado por la posibilidad de subir la información procesada a ArcGIS Online, de forma que se logrará tener las capas almacenadas en este servidor en la nube, sin tener que hacer procesos adicionales para importar capas, importando ajustes de forma directa; por otro lado los datos alfanuméricos se procesaron enteramente a través de Microsoft Excel, dado que estos se descargaron desde el REPS como hojas de cálculo.

Durante este proceso se validó y adecuó la información incorporada, filtrando y prescindiendo de registros innecesarios, realizando análisis espaciales conjuntos y asociando datos espaciales con alfanuméricos; considerando como parámetros: consistencia topológica, pertinencia en las relaciones entre las variables seleccionadas, y el cumplimiento de los requerimientos establecidos previamente.

Partiendo de lo anterior, se depuró la capa de centros de atención tomando como criterios el tipo de servicio ofertado y su localización, para corregir errores topológicos de duplicidad de registros que se identificaron durante el proceso de integración con la información de los servicios obtenida del REPS. Por otro lado, para las capas de barrios y comunas se realizó una unión espacial para hallar la asociación explícita de cada barrio con su respectiva comuna.

6.2.2. Modelamiento de la Ruta Integral de Atención en Salud para cáncer de mama

A partir del análisis normativo y operativo vigente en Colombia, considerando los lineamientos, procedimientos, actividades e intervenciones de protección específica y detección temprana para el cáncer de mama establecidos en las normas técnicas de la RIAS (MinSalud, 2016), además de lo desarrollado en la fase previa, se desarrollaron dos modelos adaptados a partir del diagrama original de la RIAS para cáncer de mama (figura 2). Estos modelos, representados como diagramas de flujo lógico-clínico, conservan la estructura normativa, pero incluyen una abstracción conceptual orientada a facilitar su comprensión y operatividad en el desarrollo del SIG, realizando un modelo metodológico y un modelo espacial. El diagrama original puede consultarse en el anexo 1.

6.2.3. Diseño de Base de Datos Geográfica

Dando continuidad al ciclo de vida de los SIG e incorporando los insumos recolectados y aspectos relevantes de la fase previa, se comenzó el diseño de una Base de Datos Geográfica (BDG) de tipo relacional, por la organización que esta permite de los datos dentro de tablas, donde cada una de estas representa una entidad, y que se sustentó a través de la construcción de los modelos: conceptual, lógico y físico (Arcilla et al., 2013; Berzal, n.d; Codd, 1970; Huawei Technologies Co., 2023), en este proceso se agruparon diferentes variables, de acuerdo a la temática, bajo distintas entidades principales, considerando las relaciones que las articulan, la funcionalidad de las consultas de información que se podrían realizar y la simplicidad para hacerlo. En la figura 3 se puede observar el esquema del modelamiento realizado para la la BDG.

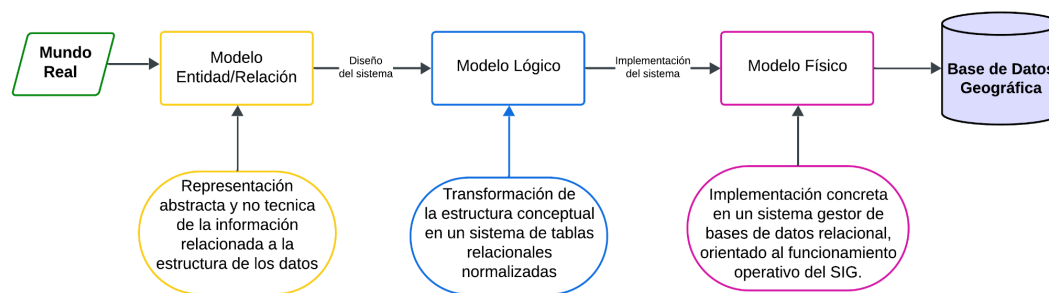


Figura 3. Esquema del modelamiento de datos para BDG. Fuente propia.

6.2.3.1. Modelo entidad relación (E/R)

Después de definir el modelo espacial de la RIAS para cáncer de mama, el primer paso fue el modelamiento entidad-relación, el cual, identifica la información necesaria para la base de datos y así conseguir una correcta atención a pacientes, por ello se inició con el desarrollo de este modelo para definir el esquema de la base de datos del sistema, representando de forma abstracta y no técnica la estructura de los datos. Desde este diseño se identificaron las entidades principales, se agruparon las diferentes variables como atributos de estas, además se establecieron los tipos de relaciones entre los elementos que intervienen en la ruta asistencial y que conectan a las diferentes entidades, estas últimas pudiendo variar entre “uno a uno”, “uno a muchos” y “muchos a muchos”. Esta conceptualización se representó a través de la plataforma Lucidchart.

6.2.3.2. Modelo lógico

Siguiendo lo estructurado en el modelo conceptual se desarrolló el modelo lógico, en este modelo se transformaron las entidades y sus atributos en tablas relacionales, cada una con llaves primarias y foráneas, utilizadas en el sistema gestor de base de datos para relacionar las tablas, de esa forma evitando redundancias y garantizando la coherencia de los datos. En el caso de las relaciones “muchos a muchos” se generaron tablas intermedias conteniendo únicamente la información de las llaves primarias de las tablas que se relacionan. Este modelo fue desarrollado empleando el software DBDesignerFork.

6.2.3.3. Modelo físico

El modelo físico implementado sigue una estructura basada en identificadores de datos definidos según la naturaleza de la información en cada tabla, empleando combinaciones compuestas cuando fue necesario, como el caso de los identificadores de la tabla paciente, para asegurar una referencia inequívoca dentro del sistema. En este modelo también se agruparon las entidades de acuerdo con su temática, facilitando la organización y el manejo estructurado de los datos. Este modelo se desarrolló a través de la plataforma Canva.

6.2.3.4. Catálogo de objetos

Considerando la información consignada en los modelos entidad/relación, lógico y físico, se realizó el diligenciamiento de un catálogo de objetos geográficos, elaborado conforme a los lineamientos técnicos definidos en la guía metodológica de la Alcaldía de Santiago de Cali (2020), dentro de este se registró la información correspondiente a las entidades principales, sus alias, atributos y dominios de los campos, además de datos adicionales como códigos de identificación, definiciones relevantes y unidades de medida de los atributos según correspondiera.

El catálogo de objetos sirve como documentación de soporte y consulta sobre las características de los datos que se emplearon, permitiendo la estandarización y compatibilidad de la documentación del sistema con la de otros sistemas geográficos institucionales. El catálogo de objetos se diligenció a través de Microsoft Excel.

6.2.4. Creación de Base de Datos Geográfica

Con base en los modelos diseñados en la fase previa se procedió a la creación de la BDG; dentro del proceso de construcción de tablas, relaciones y vistas para almacenar, articular y visualizar información; utilizando el sistema gestor de bases de datos PostgreSQL 16, administrado mediante la interfaz de PgAdmin 4 y ejecutado localmente, se escogió trabajar la BDG de esta forma e incorporarla en conjunto con los servicios de ArcGIS Pro debido a la posibilidad de ejecutar procesos automatizados tales como disparadores (triggers) o generar vistas actualizables automáticamente sin realizar consultas adicionales manualmente.

Al crear la BDG se instaló el complemento Postgis para almacenar elementos con características espaciales, dado que por defecto al crear una base de datos en PostgreSQL está solamente permite almacenar información alfanumérica, al habilitar esta extensión dentro de la BDG se logró importar capas geográficas (como la ubicación de centros de atención en salud, barrios de la ciudad y pacientes) como tablas con atributos espaciales.

Las capas fueron incorporadas en la BDG como tablas con geometría, originalmente en el sistema de referencia oficial de Colombia EPSG:9377 (MAGNA-SIRGAS Origen Nacional) (IGAC, 2020) para realizar el cálculo de áreas de los polígonos de barrios. Sin embargo, pensando en la implementación de la

BDG en la nube se consideró la usar la herramienta KoopJS, que permite transformar datos en tablas a un Feature service editable, visualizable y compatible con ArcGIS Online, por lo que la información espacial se proyectó al sistema de referencia geodésico EPSG:4326 o WGS84 (World Geodetic System 1984), para que la información fuera compatible con este servicio.

Una vez creadas las tablas faltantes y corregidas las existentes, se implementaron las estructuras relacionales del sistema. Esto implicó asignar las llaves primarias a cada tabla y definir las llaves foráneas para vincular las entidades, respetando las relaciones “uno a uno”, “uno a muchos” y “muchos a muchos” establecidas anteriormente. En el caso de estas últimas, se crearon tablas intermedias que contienen las claves primarias de las tablas relacionadas.

Para facilitar la consulta e interpretación de estos vínculos complejos, se diseñaron diversas vistas que integran información distribuida entre múltiples tablas sin alterar su estructura base, permitiendo traducir la estructura de la RIAS en secciones consultables, cada una agrupando datos relevantes para cada etapa del proceso asistencial, facilitando así consultas complejas, permitiendo claridad, rendimiento y una comprensión precisa de aquellos sitios e información relevante que podrían ser parte del recorrido esperado del paciente.

De igual forma se establecieron consultas espaciales con base en la geometría de los pacientes y los centros de atención, empleando los campos de geometría, generando vistas espaciales que permiten consultar los centros de atención más cercanos a cada paciente, considerando áreas de influencia territorial.

6.2.4.1. Creación de dominios y triggers

Dentro de la fase de diseño, también se consideraron aspectos como los dominios de ciertas variables y los valores predeterminados que podrían asignarles a determinados campos, establecidos previamente durante las fases previas, siendo éstas consistentes con el tipo y el formato del campo que se fuera a diligenciar, restringiendo los valores posibles y garantizando consistencia en los registros de los datos ingresados al sistema.

Otro aspecto considerado fue la inclusión de triggers o disparadores automáticos asociados a eventos específicos, cuya función radica en generar una acción automática a partir de un evento desencadenante, para un ejemplo práctico se puede ver la figura 4. Implementados en aquellas variables cuya lógica de relación podía ser definida espacial o programáticamente, reduciendo la intervención manual y manteniendo la coherencia interna de la BDG, al permitir que ciertas operaciones se activen de forma automática ante situaciones predefinidas, diseñados para ejecutar acciones dentro de las tablas como: la autoasignación del código del barrio a un paciente, en función de su ubicación geográfica o la vinculación con centros de atención cercanos.

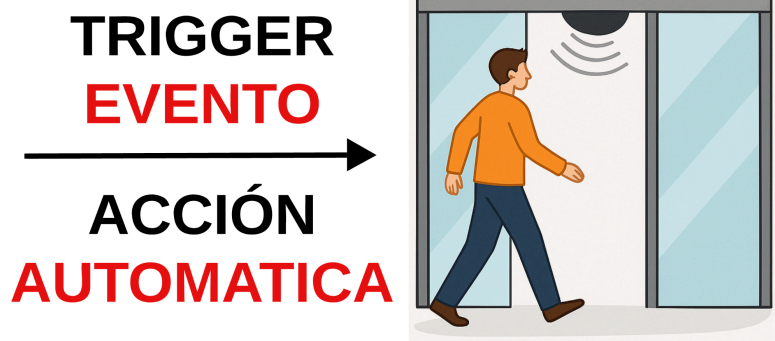


Figura 4. Ilustración de ejemplo cotidiano de automatización - Trigger. Fuente propia.

6.2.5. Implementación de Base de Datos Geográfica en un servidor

Una vez estructurada y funcional, la BDG fue implementada mediante la publicación directa de capas desde ArcGIS Pro hacia ArcGIS Online, generando entidades alojadas (hosted Feature layers) que permitieron una visualización operativa en el entorno web, no obstante, se evidenció que estas capas no conservaban elementos importantes de la lógica de la BDG, como las relaciones funcionales entre tablas, triggers y dominios de datos, lo cual afectaba la integridad funcional del sistema, además, estas capas funcionaban como copias independientes, sin mantener sincronización con las de la BDG original.

Para garantizar una mejor representación de la lógica del modelo de datos, se configuraron desde el entorno de escritorio los dominios de atributos y las relaciones básicas entre tablas a través de la herramienta create relationship class, lo cual permitió conservar elementos esenciales en la interfaz web sin requerir intervención directa sobre la base original. Esta configuración buscó reforzar la consistencia entre los datos visualizados en línea y la estructura planteada en la BDG, dentro de las posibilidades ofrecidas por ArcGIS Online para el manejo de entidades alojadas.

Antes de consolidar esta solución, se exploró una alternativa orientada a mantener la lógica relacional de la BDG sin duplicar información ni comprometer su integridad. Para ello, se configuró una máquina virtual en Amazon Web Services (AWS), donde se restauró una copia de la BDG y se integró un servidor con Node.js y la herramienta KoopJS, diseñada para exponer las capas directamente como Feature Server compatibles con ArcGIS Online. Esta opción, basada en conocimientos previos y recursos educativos, permitía preservar relaciones complejas, reglas internas y automatizaciones definidas en PostgreSQL/PostGIS. Sin embargo, se identificó una limitación de interoperabilidad: las URLs generadas por KoopJS no eran reconocidas correctamente por ArcGIS Online, lo que impidió su incorporación y uso operativo en el sistema.

6.3. FASE III: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Mientras que la fase previa proporcionó base sólida de la información con la que se trabajó, este apartado del proyecto se centra enteramente en el sistema: diseño general e interfaz de usuario, desarrollo de la estructura interna y visual del SIG e implementación y funcionalidad del sistema. A continuación se detallan cada uno de estos apartados mencionados.

6.3.1. Diseño del sistema e interfaz de usuario

El diseño del sistema y su interfaz se orientó a construir una herramienta que fuera funcional e intuitiva, adaptada a las necesidades de los profesionales de la salud que acompañan a pacientes con cáncer de mama en Santiago de Cali. Antes de estructurar la interfaz y sus componentes, se definieron una serie de requerimientos para orientar las funciones esperadas del sistema y las condiciones necesarias para su correcta operación, a diferencia de los requerimientos generales del proyecto, estos se centraron exclusivamente en el diseño y funcionamiento del sistema.

6.3.1.1. Definición de Requerimientos funcionales y no funcionales del diseño del sistema

Para la definición de los requerimientos del sistema se comenzó por los funcionales, estos se formularon considerando los flujos de trabajo de los navegadores médicos, contemplando así las interacciones esperadas entre los usuarios y el sistema, como la consulta de información, el registro y edición de datos, la visualización territorial, la navegación entre módulos, además de la necesidad de acceder de manera estructurada a datos sociodemográficos, clínicos y geográficos de pacientes e información sobre centros de atención y servicios ofrecidos.

Por su parte, para la definición de los requerimientos no funcionales se le dió relevancia a los aspectos de usabilidad, accesibilidad, seguridad y disponibilidad del sistema, teniendo en cuenta factores como: las limitaciones del entorno tecnológico a usar, experiencia del usuario al momento de interactuar con el sistema y el manejo de la información geográfica. Adicionalmente, se tomó en cuenta la importancia de la visualización clara de datos estadísticos y espaciales, la compatibilidad con entornos web y la existencia de documentación de apoyo para la capacitación en el uso del sistema.

6.3.1.2. Desarrollo de casos de uso

Sirviendo de complemento al diseño funcional del sistema, se desarrollaron diagramas de casos de uso con el fin de representar gráficamente las posibles interacciones entre los usuarios y los diferentes módulos del SIG. Estos diagramas se elaboraron después de tener definidos elementos como los requerimientos funcionales y no funcionales, al igual que los actores del sistema,

debido a que se considera el tipo de usuario previsto para cada una de las funcionalidades previstas para cada módulo estas se pudieron traducir en los posibles procesos que los usuarios podrían seguir dentro de la plataforma.

6.3.1.3. Diseño visual y estructura de interfaz

Una vez definidos los requerimientos para la realización del diseño de la interfaz de usuario se procedió a revisar ejemplos de plataformas de otros sistemas del sector salud, en particular aquellas vinculadas a la gestión clínica o administrativa de pacientes (como se visualiza en la figura 5), para tomarlos como referentes para el diseño de la interfaz del sistema.

Diversos estudios señalan que muchos aplicativos en el sector salud presentan interfaces visualmente sobrecargadas, con gran densidad de información, organización confusa de funciones y jerarquía visual deficiente, lo cual ralentiza la navegación y aumenta la probabilidad de errores (Ratwani et al., 2018; Zhang et al., 2003). Estos aplicativos fueron considerados como referencia para mejorar los aspectos anteriormente mencionados y ayudar a guiar decisiones del diseño hacia una interfaz más accesible y organizada (Bell et al., 2006).

Con base en el análisis anterior, se definió estructurar el sistema en diferentes módulos que respondieran a los requerimientos establecidos orientados hacia los usuarios y demás actores involucrados. Estos módulos se plantearon para organizar el contenido de forma intuitiva, estableciendo la navegación de acuerdo al tipo de información, planteando una sección para la navegación territorial individual, otra para la visualización colectiva de pacientes y centros de atención, además de un apartado para el registro y edición de datos de pacientes y una sección dedicada a la visualización de información estadística.

Pramoda Pradip Shah - IPD Management

Unpaid Amount: 0.00

Patient: Pramoda Pradip Shah (SP PD) BirthDate: 14/04/1949 Age: 62 yrs 0 months 21 days.

OPD No.: T-00003 OPD Dt: 30/03/2009 NP IR NC

IPD No.: A-0002 IPD Dt: 30/03/2009 Time: 08:00:00 F-Up No: 0

Ward: AC Room Discharge: 31/03/2009 13:00:00 OPR Dt: 04/05/2011

Daily Medication

Medicine: Advance toward hospitalization Qty: Rate: 5000 Remove All

Date Time: 04/05/2011 05:47 PM Instruction: Add

Recurrence

Given?	Medicine	Qty	Rate	Amount	Date Time	Instruction	Given By
☒	Syringes 5ml	3	5.25	15.75	30/03/2009 12:12:00		
☒	Inj Propovan 10ml	1	100	100	30/03/2009 12:12:00		
☒	Inj. Contramal 1ml	1	13.63	13.63	30/03/2009 12:12:00		
☒	Inj. Voveran	1	9.9	9.9	30/03/2009 12:12:00		
☒	Sterillium 100ml	1	75	75	30/03/2009 12:12:00		
☒	Savlon 100 ml	1	19	19	30/03/2009 12:12:00		
☒	I.V.set	1	40	40	30/03/2009 12:12:00		
☒	Venilon No 18G	1	75	75	30/03/2009 12:12:00		
☒	Water for Inj.10ml	5	4	20	30/03/2009 12:12:00		
☒	Injection Ringer's La	5	35	175	30/03/2009 12:12:00		
☒	Injection Ranitidine	3	3.21	9.63	30/03/2009 12:12:00		
☒	Syringes 10ml	5	9	45	30/03/2009 12:12:00		
☒	Inj Purecel S	3	220	660	30/03/2009 12:12:00		
☒	Injection Normal Salin	2	17	34	30/03/2009 12:12:00		
☒	KaltexSterileGloves	8	27	216	30/03/2009 12:12:00		
☒	Vicryl	1	360	360	30/03/2009 12:12:00		

Total Amount: 2158.71 Update

Reminder Operation Discharge Summary Medico Legal Treatment Summary

Search Pa Letters Images/Videos

Figura 5. Ejemplo de plataforma asociada a la gestión clínica o administrativa de pacientes. Sterling Softwares (s.f.).

Partiendo de la estructura modular planteada, se diseñaron esquemas de interfaz previos con el objetivo de orientar visualmente la disposición de botones, filtros, formularios y mapas; sirviendo como guía para definir la navegación interna entre páginas, cumpliendo sus funciones específicas sin perder coherencia visual ni estructura común, la organización jerárquica de cada uno de sus componentes, por lo que aspecto como la forma y la distribución de los botones también fueron definidos para facilitar la lectura y el reconocimiento de acciones importantes.. Se tuvo en cuenta que las herramientas de diseño no funcionarían aisladamente, sino como partes conectadas en un entorno unificado, por lo que se anticiparon los tipos de visualización requeridos en cada módulo, en función de las necesidades identificadas durante la fase de requerimientos.

Se pensó el estilo visual del diseño del sistema para proyectar una navegación intuitiva, coherente con la lógica modular planteada y accesible para los navegadores médicos y demás actores involucrados, además de brindar una experiencia amigable, empática y adecuada al contexto de atención en cáncer de mama, por lo que se eligieron colores con asociación directa con la temática del cáncer de mama y por su efecto en la percepción visual del usuario.

6.3.2. Desarrollo de la estructura interna y visual del sistema

Con base en el diseño consolidado del sistema, se procedió al desarrollo funcional a través de las aplicaciones del entorno ArcGIS Online, utilizando específicamente Map Viewer, Survey123 Connect, Dashboards y Experience Builder, para la creación de cada subsistema específico. Dado que la información se encontraba almacenada como Feature Services en ArcGIS Online, fue posible utilizar las capas en distintos mapas y ajustar la simbología acorde a cada parte del sistema, facilitando la integración con las aplicaciones mencionadas.

A través de Map Viewer, se crearon mapas temáticos ajustando características de las propiedades de las capas en ArcGIS Online, tales como: alias de los campos, ventanas emergentes, simbologías, leyendas, nombres de las capas y escalas de visualización. Dado que se construyeron mapas para cada módulo dentro del sistema, estos responden a necesidades o características diferentes, relacionando los datos con la funcionalidad del módulo correspondiente para un adecuado funcionamiento al momento de la interacción entre el sistema y los actores involucrados.

Para el registro y edición de datos se empleó Survey123 Connect, que permite vincular formularios directamente a capas ya existentes almacenadas en ArcGIS Online, permitiendo realizar cambios dentro de capas ya almacenadas sin necesidad de crear nuevas capas y mapas con cada formulario nuevo. Considerando lo anterior se crearon formularios para diligenciar información sociodemográfica, administrativa y clínica, en el caso de esta última se crearon varios formularios, partiendo de las diferentes etapas de la RÍAS adaptada previamente, en estos se ajustaron propiedades como el tipo de dato, el nombre y alias de la pregunta, indicaciones para los usuarios cuando están respondiendo y la configuración general de las preguntas y el formulario.

La herramienta Dashboards se utilizó para crear el tablero de control del sistema, mediante el cual se representan análisis estadísticos y espaciales de manera colectiva, procurando brindar visualización de contadores, gráficos de barra y de torta, respecto a las capas principales de pacientes y centros de atención, sin embargo, se consideró información adicional consignada dentro de las capas de vistas creadas previamente en PostgreSQL y subidas en ArcGIS online, dado que éstas incluían información complementaria a las capas principales y que complementaban las estadísticas, adicionalmente, para esta parte del sistema se utilizó uno de los mapas creados en Map Viewer, afín a la temática de representación estadística de esta herramienta.

Utilizando Experience Builder se desarrolló el geoportal que integra lo desarrollado anteriormente en un mismo sitio web, este consta de 4 páginas: presentación del sistema y detalles del proyecto, sección de geovisores, tablero de control y la sección de registro y edición de datos. En este ambiente de desarrollo los elementos visuales también son interactivos y funcionales, que se conectan directamente con los datos y mapas desarrollados en Map Viewer, permitiendo considerar la estructura del sistema definida dentro de la configuración visual de cada página.

La faceta visual del sitio fue construida priorizando el uso y la intuición del usuario durante su interacción, permitiendo la exploración de información y herramientas desarrolladas, siendo un elemento clave para el cumplimiento de los requerimientos. Al finalizar con el proceso de desarrollo se procedió a diligenciar los metadatos de las capas geográficas almacenadas en ArcGIS Online, al igual que de los mapas, formularios, tablero de control y el sitio desarrollado en Experience Builder.

6.3.3. Implementación y funcionalidad del sistema

Una vez desarrolladas las funcionalidades planteadas, se revisó el comportamiento general de cada uno de los módulos del sistema para examinar su funcionamiento respecto a los requerimientos definidos, lo que implicó probar características como la navegación entre vistas, la ejecución de filtros, la consulta de datos espaciales y alfanuméricos, y la respuesta de elementos interactivos presentes en la interfaz. Con estas pruebas se verificó la operatividad de los flujos de trabajo representados en los diagramas de casos de uso.

La implementación final del sistema se realizó a través de su publicación con ArcGIS Experience Builder, el mismo entorno de desarrollo en el que se construyó, configurando el acceso como una herramienta pública orientada a los usuarios objetivo, asegurando la disponibilidad de consulta sin permitir modificaciones directas sobre la interfaz ni los datos almacenados. Para facilitar el uso del sistema, se incorporaron recursos de apoyo que incluyen videos explicativos sobre el funcionamiento de los diferentes módulos y un manual de uso con instrucciones detalladas sobre la navegación y el uso de las herramientas integradas en la plataforma.

7. RESULTADOS

A continuación se presentan los productos obtenidos durante cada una de las fases de la metodología, divididas en tres subcapítulos, cada uno correspondiente a cada fase estructurada respectivamente.

7.1. FASE I: CARACTERIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL SISTEMA

Para la Fase I de la metodología se obtuvo una caracterización de diferentes aspectos temáticos relevantes durante la revisión del estado del arte y la recolección de información territorial y contextual, lo que llevó a operacionalizar las variables consideradas, y posteriormente, al establecimiento de los actores que se relacionarían con la herramienta, los subsistemas que lo conforman, los alcances y limitaciones y los requerimientos funcionales y no funcionales.

7.1.1. Estudio del estado del arte

Entre los principales hallazgos en la revisión de literatura, se encuentran la identificación de los determinantes sociales de la salud considerados en procesos de navegación médica, donde se identificaron dos tendencias en la literatura, por un lado hay estudios que consideran características poblacionales amplias, como nivel de pobreza, acceso a transporte, segregación racial o nivel educativo promedio (Beauchamp et al., 2024; McCloskey, 2009; Spiro et al., 2012), mientras que también se identificaron investigaciones que consideraban características individuales, como edad, género, nivel educativo, régimen de aseguramiento, tipo de enfermedad, actividad laboral y lugar de residencia (Cabo-Meseguer et al., 2019; Kolifarhood et al., 2015; Rosentel et al., 2020).

Otros aspectos identificados en la revisión de literatura abarcan la agrupación de variables en estudios de navegación en tres categorías: sociodemográficas, clínicas y administrativas (Carroll et al., 2010; Carter et al., 2018; Hendren et al., 2010, 2011), el interés creciente relacionado a la incorporación de nuevas tecnologías como herramientas de optimización a la navegación de pacientes al vincularlos a la infraestructura tecnológica actualmente disponible (Bedoya y Vélez, 2015; INC-Argentina, 2019; Schwarz, 2021) y la relevancia espacial que fuentes de información como las historias clínicas pueden representar (Comer et al., 2011; Schinasi et al., 2018). En la tabla 2 se presenta una caracterización de la información hallada durante la revisión.

Tabla 2. Caracterización de revisión de literatura. Fuente propia.

Temática	Cantidad de artículos	Rango de fechas
Determinantes sociales de la salud	14	2008-2024
Relación con la navegación médica	16	2010-2023
Uso de los SIG en salud	21	2006-2024
Estado de los sistemas de información de salud en Colombia	6	2006-2021

7.1.2. Compilación de variables y fuentes de información

Para esta fase se recopilaban los listados de variables que intervienen en los procesos del sistema, así como en la tabla 1, cada una contiene las características correspondientes para cada variable. En las siguientes secciones se presentan los nombres, descripciones y el tipo de dato, sin embargo, en el anexo 2 se incluyen las tablas con las características detalladas.

7.1.2.1. Operacionalización de variables sociodemográficas

En la tabla 3 se presentan las variables sociodemográficas que se seleccionaron para el desarrollo del SIG.

Tabla 3. Variables Sociodemográficas. Fuente propia.

Variable	Descripción	Tipo de dato
Tipo y número de documento de identidad	Documento y número destinado a comprobar y demostrar la identidad de su portador en Colombia. Corresponde al único documento de identificación válido para todos los actos civiles, políticos, administrativos y judiciales según la ley 39 de 1961.	Texto
Documento de identidad	Tipo de documento de identidad es una categoría o clasificación utilizada para acreditar la identificación de una persona.	Texto (máx. 255 caracteres)
Número de documento	Número único de identificación de una persona.	Nº Entero
Fecha nacimiento	Fecha en la que nació el paciente, utilizada para calcular la edad y evaluar factores de riesgo asociados.	Fecha
Edad	Se refiere a la edad cumplida en el último cumpleaños y no al número de años que la persona va a cumplir ni a fracciones de años.	Nº Entero
Sexo	Como una persona se identifica internamente (masculino, femenino, intersexual). Desde la perspectiva biológica, el sexo se refiere a las características genéticas, endocrinas y morfológicas del cuerpo.	Texto (máx. 20 caracteres)
Identidad de Género	Alude al sentimiento profundo de género que experimenta internamente cada persona, el cual puede o no corresponder al sexo que le fue asignado al nacer o al género que la sociedad le atribuye.	Texto (máx. 45 caracteres)
Etnia	Identificación consciente de una persona de pertenecer a un grupo étnico con el que comparte aspectos culturales, instituciones, comportamientos y rasgos físicos.	Texto (máx. 255 caracteres)
Nacionalidad	Vínculo jurídico basado en un hecho social de relación, una solidaridad efectiva de existencia, intereses, sentimientos y de nacimiento que une a una persona con un Estado, determinando su pertenencia legal de una persona a una comunidad nacional.	Texto (máx. 20 caracteres)
Formación académica	En Colombia la educación se define como un proceso de formación permanente, personal, cultural y social. Para este caso hace referencia al grado académico más alto que tiene.	Texto (máx. 45 caracteres)

Variable	Descripción	Tipo de dato
Ocupación diaria	Actividad laboral o profesional que realiza una persona la mayoría del tiempo diario, ya sea formal o informal.	Texto (máx. 45 caracteres)
Estado civil	El estado civil de una persona es su situación jurídica en la familia y la sociedad.	Texto (máx. 45 caracteres)
Composición familiar	Personas con las que se puede compartir un lazo familiar o no.	Texto
Estrato socioeconómico	Sistema de clasificación utilizado para identificar el nivel de ingresos y condiciones de vida de la población.	Nº Entero
Modo y tipo de transporte	Medio de transporte utilizado por el paciente para desplazarse.	Texto (máx. 45 caracteres)
Discapacidad	Situación de la persona que, por sus condiciones físicas, sensoriales, intelectuales o mentales duraderas, encuentra dificultades para su participación e inclusión social.	Texto (máx. 45 caracteres)

Estas variables se seleccionaron por su relevancia para describir las condiciones sociales, económicas y demográficas de los pacientes que ingresan a la ruta de atención de cáncer de mama, permitiendo identificar factores que podrían estar asociados a barreras de acceso, adherencia o continuidad en la atención. Además, variables como el modo y tipo de transporte o discapacidad ayudan a reconocer condiciones que pueden dificultar a los pacientes el desplazamiento hacia los centros de atención.

7.1.2.2. Operacionalización de variables clínicas

En la tabla 4 se presentan las variables clínicas que se seleccionaron para el desarrollo del SIG.

Tabla 4. Variables Clínicas. Fuente propia.

Variable	Descripción	Tipo de dato
Sospecha de cáncer en examen físico	Para el cáncer de mama la exploración clínica de las mamas (ECM) realizada por un Médico capacitado para evaluar la presencia de masas, retracción del pezón, secreción anormal o cambios en la piel.	Texto
Fecha de sospecha	Fecha en la que se sospechó por primera vez la presencia de cáncer.	Fecha
Fecha de indicación de imágenes diagnósticas	Fecha en la que el médico solicita la realización del estudio de imagen diagnóstica	Fecha
Imágenes diagnósticas	Los estudios de imagen diagnóstica son técnicas no invasivas que permiten visualizar el interior del cuerpo humano para detectar, diagnosticar o monitorear enfermedades, lesiones o anomalías.	Texto
Fecha realización de imágenes diagnóstica	Fecha en la que el paciente se realizó la imagen diagnóstica.	Fecha

Variable	Descripción	Tipo de dato
Clasificación de riesgo	La clasificación de riesgo para el cáncer es una herramienta estandarizada que se utiliza a nivel mundial para evaluar la probabilidad de que una persona desarrolle esta enfermedad, esta clasificación se adapta a las guías de práctica clínica para la detección temprana desarrolladas por el ministerio de salud. Estando clasificado en riesgos alto, medio y bajo para el cáncer de mama.	Texto (max. 20 caracteres)
BIRADS	El BI-RADS (Breast Imaging Reporting and Data System) es un sistema estandarizado desarrollado para la interpretación y reporte de estudios de imágenes mamarias, como mamografías, ecografías y resonancias magnéticas. Este sistema permite clasificar los hallazgos en una escala del 0 al 6, donde cada categoría indica el nivel de sospecha de malignidad.	Texto (max. 20 caracteres)
Fecha de remisión de Biopsia	Fecha en la que se indicó la realización de biopsia al paciente.	Fecha
Fecha en que paciente realiza Biopsia	Fecha en la que el paciente se realizó la Biopsia	Fecha
Fecha resultado Biopsia	Fecha en la que el paciente obtuvo el resultado de la biopsia realizada.	Fecha
Resultado Biopsia	Clasificación histopatológica obtenida tras el análisis microscópico de una muestra de tejido, indicando la presencia o ausencia de malignidad. Se obtiene mediante la extracción de tejido con técnicas como biopsia con aguja fina o gruesa, biopsia por escisión o incisional, empleada cuando es necesario remover parcial o totalmente una lesión, especialmente en mama; o Biopsia quirúrgica.	Texto (max. 20 caracteres)
Fecha primer diagnóstico oncológico	Fecha en la que se realizó un primer diagnóstico oncológico, esta se diligencia después de tener el resultado de la Biopsia	Fecha
Imágenes y exámenes de extensión	Pruebas diagnósticas, incluidas técnicas de imagen no invasivas, utilizadas para detectar la diseminación del cáncer de mama, así como para evaluar el estadio, pronóstico y tratamiento. Métodos como estos permiten complementar el diagnóstico y monitorear la evolución de la enfermedad.	Texto
Fecha de imágenes y exámenes de extensión	Fecha en la que el paciente se realiza los exámenes.	Fecha
TNM	Históricamente, la American Joint Committee on Cancer (AJCC), sistema de estadificación para el cáncer de mama, ha asignado el estadio según el tamaño del tumor (T), la presencia de compromiso ganglionar (N), y la presencia o ausencia de metástasis a distancia (M).	Texto
Estadio pronóstico	La estadificación del cáncer de mama tiene como objetivo determinar la extensión de la enfermedad, definir el tratamiento y el pronóstico de la misma.	Texto

Variable	Descripción	Tipo de dato
Tratamiento definido	Son las medidas o intervenciones que se utilizan para prevenir, aliviar, controlar o curar la patología.	Texto
Fecha de realización tratamiento quirúrgico	Fecha en la que se lleva a cabo el procedimiento quirúrgico en caso de no realizar un tratamiento sistémico o localizado.	Fecha
Fecha de inicio indicado de tratamiento	Fecha en la que se le indicó al paciente que debía iniciar el tratamiento que debe seguir.	Fecha
Número e intervalo entre ciclos indicados	Hace referencia al número de ciclos y al intervalo de tiempo que el paciente debe seguir respecto a su tratamiento.	Texto
Dosificación y tiempo de tratamiento hormonal indicado	Hace referencia a la dosificación y al tiempo en que el paciente debe de recibir terapia hormonal.	Texto
Fecha de inicio de tratamiento seguido por el paciente	Fecha en la que el paciente inició su tratamiento a seguir.	Fecha
Número e intervalo entre ciclos seguidos por paciente	Hace referencia al número de ciclos y al intervalo de tiempo que el paciente ha seguido respecto a su tratamiento.	Texto
Dosificación y tiempo de tratamiento hormonal seguido por paciente	Hace referencia a la dosificación y al tiempo que el paciente ha recibido terapia hormonal.	Texto
Fecha finalización de tratamiento realizado por paciente	Fecha en que el paciente ha terminado de realizar su tratamiento.	Fecha
Tiempo que ha durado el tratamiento	Es la cantidad de días desde el inicio del tratamiento del paciente hasta la fecha de finalización o la fecha actual.	Nº Entero
Tiempo desde el último tratamiento registrado	Es la cantidad de días desde el final del tratamiento del paciente hasta la fecha actual.	Nº Entero

Estas variables permitieron documentar los eventos clínicos dentro del proceso de tratamiento del paciente, en el marco de la RIAS para cáncer de mama, considerando fechas, clasificaciones diagnósticas, definiciones de tratamiento y otros puntos de referencia útiles para apoyar la navegación médica. Cada una aporta información sobre la fase del proceso en la que se encuentra el paciente, facilitando decisiones sobre la oferta de servicios y su adecuada derivación.

El enfoque se centró en variables correspondientes a las etapas entre la sospecha inicial y la definición del tratamiento, excluyendo procesos clínicos posteriores relacionados con el seguimiento. De este modo, el SIG se estructuró en torno a hitos clínicos concretos y su localización territorial, con el objetivo de orientar adecuadamente a los pacientes según su diagnóstico y lugar de residencia.

7.1.2.3. Operacionalización de variables SGSSS (Sistema General De Seguridad Social En Salud)

En la tabla 5 se presentan las variables administrativas que se seleccionaron para el desarrollo del SIG.

Tabla 5. Variables Administrativas. Fuente propia.

Variable	Descripción	Tipo de dato
Estado de seguimiento de la institución al paciente	Hace referencia a estado de seguimiento con respecto al tiempo que no ha recibido o vuelto al tratamiento o ruta.	Texto
Estado de salud del paciente con respecto al tratamiento	Hace referencia al estado de salud de un paciente respecto a su tratamiento asignado o el transcurso de su recorrido en la ruta de atención.	Texto
Estado de cumplimiento del paciente respecto al tratamiento	Hace referencia al estado de cumplimiento de un paciente respecto a su tratamiento asignado o el transcurso de su recorrido en la ruta de atención.	Texto
Régimen de afiliación en salud	El sistema de salud establece las normas y condiciones que regulan la afiliación, financiación y acceso a los servicios médicos, determinando quiénes pueden acceder y bajo qué condiciones. En la práctica, la vinculación de una persona al sistema de salud depende de factores como su capacidad económica, su relación laboral o su pertenencia a grupos específicos dentro de la sociedad.	Texto (máx. 45 caracteres)
Asegurador en salud EPS	Son las entidades responsables de la afiliación y prestación del Plan obligatorio de salud del Régimen Subsidiado a los beneficiarios de éste. Entidad prestadora de salud del paciente.	Texto (máx. 255 caracteres)
IPS primaria	Son las Instituciones encargadas de prestar los servicios de salud en su nivel de atención y es donde el paciente es atendido inicialmente.	Texto (máx. 255 caracteres)
ESE	Empresas Sociales del Estado	Texto (máx. 255 caracteres)
Naturaleza de la IPS	Hace referencia a si una IPS ofrece sus servicios de forma pública, privada o mixta.	Texto (máx. 45 caracteres)
Clasificación de la IPS	Hace referencia al nivel de atención que las IPS ofrecen a los pacientes	Texto (máx. 255 caracteres)
Servicio	Se define como la unidad básica habilitable del Sistema Único de Habilitación, conformado por procesos, procedimientos, actividades, recursos humanos, físicos, tecnológicos y de información con un alcance definido, que tiene por objeto satisfacer las necesidades en salud en el marco de la seguridad del paciente, y en cualquiera de las fases de la atención en salud (promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento, rehabilitación o paliación de la enfermedad).	Texto (máx. 255 caracteres)

Estas variables permitieron conectar el proceso clínico con el administrativo (la red institucional y normativa del SGSSS) en Colombia, validando la EPS y el régimen de afiliación al que pertenece el paciente, permitiendo determinar los centros de atención en donde se ofrecen servicios específicos. Además de posibilitar la organización de la información de los centros de atención de acuerdo a: su naturaleza, nivel de atención y servicios ofrecidos.

7.1.2.4. Operacionalización de variables espaciales

En la tabla 6 se presentan las variables espaciales que se seleccionaron para el desarrollo del SIG.

Tabla 6. Variables Espaciales. Fuente propia.

Variable	Descripción	Tipo de dato
Lugar de vivienda	Ubicación espacial de la vivienda del paciente	Punto
Dirección de vivienda	Hace referencia al lugar donde una persona vive actualmente, la dirección y la zona donde vive (rural o urbana).	Texto
Barrios	Polígonos geográficos de las barrios de Santiago de Cali	Polígono
Nombres barrios	Hace referencia al nombre de los barrios de Santiago de Cali	Texto (máx. 45 caracteres)
Número comuna	Número de las comunas de Santiago de Cali	Nº Entero
Área del barrio	Extensión superficial de los barrios de Santiago de Cali	Double
Centro de atención médica	Ubicación de cada IPS en el espacio.	Punto
Nombre del Centro de Atención	Hace referencia al nombre con el que se conoce al centro de atención salud.	Texto (máx. 255 caracteres)
Sede	Hace referencia a la sede correspondiente de la IPS.	Texto (máx. 255 caracteres)
Dirección de la IPS	Indica la ubicación en donde se encuentra una IPS.	Texto

Estas variables constituyeron la base para el componente geográfico del sistema, para localizar espacialmente tanto a los pacientes como a los centros de atención médica. Seleccionadas por su capacidad de representar la red de servicios y la distribución territorial de los casos dentro de la zona urbana de Santiago de Cali, facilitando la identificación de los centros de atención, categorizándolos entre los más cercanos de acuerdo a la disponibilidad de servicios, dependiendo de cada paciente.

Se optó por incluir variables como barrio, área del barrio y comuna para establecer relaciones espaciales consistentes con la división territorial oficial,

permitiendo trabajar de forma ordenada y compatible con otras fuentes de información institucional. El alcance estático y referencial de este SIG, busca orientar la toma de decisiones y análisis territoriales sin operar como sistema de movilidad.

7.1.3. Definición de actores, subsistemas, alcances, limitaciones y requerimientos del sistema

Para esta fase se identificaron los actores y/o usuarios finales y los subsistemas que integran el sistema, se acotaron los alcances donde va actuar el sistema, considerando las limitaciones de diferentes tipos (técnicas, temáticas, operativas y de ejecución) y los requerimientos asociados.

7.1.3.1. Definición de actores del sistema

En la tabla 7 se presenta el listado de actores del sistema.

Tabla 7. Tabla de actores del sistema. Fuente propia.

Actor	Descripción
Profesionales de la salud	Doctores, médicos generales y especialistas, enfermeros y navegadores.
Administradores y/o soporte técnico	Personal administrativo y de soporte técnico que supervisa/acompaña el uso del sistema por parte de los usuarios profesionales de la salud.

Cabe destacar que dentro de los actores definidos para el sistema no se incluyeron a los pacientes como usuarios directos, debido a que la herramienta fue concebida como un soporte operativo exclusivo para procesos de navegación médica llevados a cabo por profesionales de la salud.

Debido a la información sensible de múltiples pacientes, en donde a pesar de que está no presenta el nombre personal, el acceso a datos sensibles asociados al tratamientos y localización de pacientes exige un nivel de manejo ético y profesional que justifica su restricción a usuarios capacitados, sustentando la distinción de usuario entre los profesionales de la salud, personal administrativo y técnico encargado del mantenimiento y soporte del sistema.

7.1.3.2. Definición de subsistemas

Se establecieron cuatro componentes principales del sistema, cada uno con funciones específicas e interrelacionadas, estas se presentan a continuación en la tabla 8.

Tabla 8. Subsistemas del sistema. Fuente propia.

Sistema	Descripción
Base de datos geográfica (BDG)	Base de datos con la información geográfica recolectada, filtrada, procesada y agrupada.
Geoportal	Ofrece una interfaz unificada para acceder al Geovisor y otros servicios complementarios

Sistema	Descripción
Geovisor	Herramienta que permite visualizar y consultar información estadística, alfanumérica y geográfica de manera interactiva, almacenada en la BDG de los pacientes y su progreso en el tratamiento.
Formulario	Diseñado para que los actores registren, editen y actualicen la información integral de pacientes en la BDG.

Se definió una BDG para procesar tanto información espacial como alfanumérica, relacionada con los pacientes y la infraestructura médica, también un Geoportal, el cual actúa como página principal que presenta aspectos del proyecto y centraliza el acceso a los distintos módulos del sistema, incluyendo el Geovisor y Formulario, diseñados para visualizar información de navegación territorial colectiva, por pacientes y centros de atención; y para registrar, editar y actualizar la información sociodemográfica, administrativa, clínica y territorial de los pacientes, asegurando la alimentación constante y actualizada de la BDG.

Se eligió esta configuración para responder a las necesidades específicas del sistema: por un lado, contar con una herramienta que posibilite la exploración territorial de los casos y la infraestructura médica disponible, y por otro lado, disponer de un entorno interactivo para monitorear datos clínicos y administrativos de forma ordenada, sin saturar de información al usuario.

7.1.3.3. Definición de alcances y limitaciones del sistema

En la tabla 9 se presentan de manera detallada los alcances y limitaciones establecidos.

Tabla 9. Alcances y limitaciones del sistema. Fuente propia.

Categoría	Descripción
Zona de Estudio	Se delimita exclusivamente a la zona urbana del Distrito de Santiago de Cali.
Tipo de cáncer	Solamente se trabajó con cáncer de mamá.
Alcance del sistema y las RIAS	El sistema contempla el proceso desde la sospecha o diagnóstico inicial del médico, hasta el tratamiento confirmado, sin incluir consultas posteriores con otras especialidades ni controles regulares.
Centros de atención	Se contempla solamente sitios de atención que estén categorizados como tales, por lo que no se tomarán en cuenta a los profesionales independientes.
Cobertura de Casos	Solo se simulaban casos de pacientes con cáncer de mama, incorporando únicamente la información necesaria para la navegación, conforme a lo establecido en la RIAS para cáncer de mama.
Origen y Naturaleza de los Datos	Los datos fueron simulados en colaboración con el grupo IDI en cáncer. Son de carácter retrospectivo y sin información sensible o identificable.
Fecha de corte de la información	La información que se recolectó cuenta con fecha de corte al final del año 2024.
Información en tiempo real	Debido al origen y naturaleza de los datos no se cuenta con información en tiempo real de ningún tipo.

Categoría	Descripción
Tipo de Patologías Consideradas	Se contempla únicamente información relacionada con cáncer de mama. No se incluyen otros tipos de cáncer, patologías, ni las RIAs correspondientes a estos.
Vinculación de centros de atención y EPS	Debido a la naturaleza fluctuante de los convenios entre los centros de atención y las EPS, en donde la vigencia de estos puede caducar y la prestación de los servicios está condicionada a factores externos que no aseguran la prestación de los servicios, éste será un factor que no se considerará dentro del modelamiento para el sistema debido a la incertidumbre que incluye.
Creación de usuarios, login y validación de datos.	Dado que se trabajará con Software licenciado, el acceso se gestiona desde ArcGIS Online mediante usuarios de organización; no se gestiona desde la base de datos.
Gestión de roles	Los roles no se van a gestionar desde la base de datos, estos se gestionarían a través de una organización en ArcGIS Online.
Recuperación de contraseña	En caso de pérdida de contraseña el restablecimiento de esta no se realizará desde la base de datos si no a través de ArcGIS Online.
Función de ruteo	No se contempla aplicar funcionalidades de ruteo.
Archivos adjuntos	No se almacenará información adjunta o anexos que no estén contemplados en la base de datos (Ejemplo: Resultados de exámenes).

Se delimitó el área de estudio exclusivamente a la zona urbana del Distrito de Santiago de Cali, debido a que en esta se concentra la mayor cobertura de centros de atención categorizados y reconocidos oficialmente, lo que permitió estructurar un sistema funcional y coherente con la oferta institucional vigente, fundamental en la recolección, validación y simulación de datos. En este sentido, dentro del alcance de este proyecto se excluyó de la zona de estudio el área rural, no solo por la limitada cobertura en infraestructura de salud, si no por la ausencia de estandarización en la nomenclatura de direcciones, dado que puede afectar la simulación, registro y tratamiento de datos de forma adecuada y precisa.

Respecto a la cobertura de datos, solo se simularon casos de pacientes con cáncer de mama, considerando exclusivamente la información necesaria para la navegación, en donde el origen y naturaleza de los datos correspondientes a los pacientes se definió de forma simulada y de carácter retrospectivo, sin contener información sensible o identificable, garantizando la seguridad y el anonimato. Se destaca que la fecha de corte de la información recolectada data de mayo de 2025, debido a que esa fue la fecha de recolección y simulación de datos más reciente, no se integró información en tiempo real, por lo que se tiene una temporalidad de datos fija.

En términos de infraestructura tecnológica y gestión de usuarios, se decidió trabajar con software licenciado mediante ArcGIS Online, en donde además de aspectos técnicos del sistema también se manejaron aspectos como: registro de usuarios, login, validación de datos, gestión de roles y recuperación de contraseñas. Lo anterior debido a que se pueden administrar a través de una organización y a través de grupos en ArcGIS Online, prescindiendo de cualquier control desde la base de datos, optimizando recursos al utilizar las herramientas de seguridad y administración propias de la plataforma. Finalmente, se destaca

que no se contempla la implementación de funcionalidades de ruteo, almacenamiento de archivos adjuntos o anexos definidos por fuera de la base de datos. Esta restricción simplifica el manejo de información y reduce la carga de almacenamiento y administración del sistema.

7.1.3.4. Definición de requerimientos funcionales

En la tabla 10 se presentan los nombres y las descripciones de los requerimientos funcionales establecidos, especificando el desarrollo de los subsistemas de la herramienta. En el anexo 2 se presentan estos junto a todos los demás campos usados como código del módulo, requisitos, condiciones y usuarios directos.

Tabla 10. Requerimientos Funcionales. Fuente propia.

Código	Módulo	Descripción
M1	Construcción de la base de datos del SIG	Implementar una base de datos que soporte la estructura lógica de las variables, relaciones, procesos de datos y dominios validados para el objetivo del proyecto.
M2	Portal web de navegación médica territorial	Implementar un portal web interactivo que centralice la visualización, análisis y consulta de información médica y espacial de los pacientes.
M3	Marcadores de pacientes	Muestra marcadores de pacientes e instituciones en el visor geográfico.
M4	Opción de filtrar información de la base de datos	Permite realizar filtros de la base de datos según condiciones específicas.
M5	Función de consultas	Búsqueda de información sociodemográfica y clínica del paciente junto con los centros de atención, teniendo en cuenta el estado de su tratamiento y la disponibilidad de servicios en cada institución
M6	Menú de filtrado por zonas	Permite realizar filtros a partir de la selección de una zona geográfica.
M7	Búsqueda por Atributos	Permite al usuario buscar entidades geográficas o clínicas mediante palabras clave o atributos específicos, tales como el nombre de un barrio, el código de un centro de salud o la cédula de un paciente.
M8	Leyenda de Capas	Proporciona una leyenda visual que explica la simbología de las capas geográficas, facilitando la interpretación correcta de la información mostrada en el mapa.
M9	Registro y edición de paciente	El sistema debe permitir registrar un nuevo paciente o editar su información existente (datos personales, clínicos y geográficos), mediante un formulario accesible solo para los actores del sistema

La inclusión de precondiciones, postcondiciones y requisitos previos permitió también anticipar posibles restricciones técnicas o secuencias operativas necesarias, mientras que la columna de variables que intervienen facilitó asociar cada módulo a los tipos de datos implicados (geográficos, clínicos, administrativos o sociodemográficos), asegurando una correspondencia coherente con la estructura de la base de datos.

La disposición de módulos especializados facilita la navegación y el uso de consultas segmentadas de datos, además de una interacción fluida en el sistema, sin exigir conocimientos técnicos avanzados por parte del usuario; asimismo, la integración entre aspectos visuales, filtros geográficos y análisis estadísticos permite que el sistema sirva como herramienta de soporte para la toma de decisiones en contextos asistenciales, salud pública y planificación territorial.

7.1.3.5. Definición de requerimientos no funcionales

En la tabla 11 se presentan los requerimientos no funcionales considerados.

Tabla 11. Requerimientos no funcionales. Fuente propia.

Código	Categoría	Descripción
N1	Código y Herramientas	Uso de herramientas licenciadas por ESRI tales como ArcGIS Por y ArcGIS Online, cumpliendo estándares industriales en SIG.
N2	Seguridad	Acceso restringido a usuarios autorizados protegiendo datos clínicos y personales.
N3	Usabilidad	Interfaz amigable y con facilidad para su aprendizaje, con módulo de contacto para soporte técnico y consultas sobre la aplicación.
N4	Disponibilidad	Sistema disponible de forma continua gracias a ArcGIS Online.
N5	Mantenimiento	No considerado dentro del alcance de la investigación.
N6	Portabilidad	Sistema compatible con navegadores web en computadoras.
N7	Visualización de la Información	Presentación clara y comprensible de datos geográficos y estadísticos.
N8	Desarrollo	Manual de ayuda y tutorial incluido.
N9	Documentación	Catálogo de objetos geográficos del sistema y metadatos.
N10	Funcionamiento	Garantizar el funcionamiento y conexión de la base de datos con el Geovisor.

En cuanto a la seguridad, fue importante que el acceso a la información estuviera restringido a usuarios autorizados, protegiendo los datos clínicos y personales de los pacientes, permitiendo el acceso únicamente a usuarios que tuviesen cuenta de ArcGIS online, dentro de la comunidad de la Universidad del Valle y posean permisos para abrir el sistema. Esta medida se aplicó mediante una licencia educativa para fines de demostrar el proyecto, no obstante, se debe migrar a una licencia comercial para asegurar la privacidad de la información para una implementación definitiva.

Desde el punto de vista de usabilidad, se incorporó una opción de contacto mediante correo electrónico para que los usuarios pudieran comunicarse con los desarrolladores en caso de dudas sobre alguna funcionalidad del sistema. Por otro lado, se priorizó una interfaz amigable y de fácil aprendizaje, que permitiera a los usuarios navegar por el sistema con la menor cantidad de complicaciones posibles, operando sus funcionalidades de forma satisfactoria y eficiente.

La disponibilidad fue otro aspecto contemplado, donde gracias a los servicios de ArcGIS Online se puede mantener un uso constante, disponible en todo momento y sin interrupciones. En cuanto al mantenimiento, este se planeó tenerlo

actualizado con información a fecha de corte de mayo de 2025, debido a que esa fue la fecha de recolección y simulación de datos más reciente, además, dado el alcance de esta investigación, acotada a través del objetivo general, no se contemplaron estrategias de actualización y mantenimiento continuo, sin embargo, este aspecto fue abordado parcialmente mediante la incorporación del módulo de Registro y edición del sistema.

En términos de portabilidad, se evaluaron los alcances, limitaciones y funcionalidades del sistema, decidiendo que fuera compatible con navegadores web en computadoras, por la adecuada experiencia de usuario que ofrecen estos dispositivos durante la visualización de datos geográficos y estadísticos, al permitir su interpretación sin inconvenientes. Adicionalmente, se desarrollaron un manual de uso y guías de uso en video para cada módulo, con el propósito de facilitar la capacitación y el uso adecuado del sistema a los usuarios finales, además de diligenciar el catálogo de objetos geográficos y los metadatos, para describir y proporcionar información sobre los datos empleados en el sistema.

7.2. FASE II: IMPLEMENTACIÓN DE BASE DE DATOS GEOGRÁFICA

Para esta fase se obtuvieron datos provenientes de diferentes fuentes de información que sirvieron para la adaptación de la RIAS de cáncer de mama establecida por MinSalud (2023) orientada hacia el sistema, dando pie al modelamiento, diseño, creación e implementación de la BDG. En esta sección se detallan los resultados obtenidos para cada uno de estos aspectos.

7.2.1. Recolección y depuración de datos

A continuación en la tabla 12 se presentan la información que se recolectó, los procesos de depuración que se realizaron y la fuente de donde se obtuvieron.

Tabla 12. Caracterización de la información recolectada y depurada. Fuente propia.

Dato recolectado	Descripción	Depuración realizada	Fuente
Centros de atención médica	Capa vectorial con los centros de atención médica disponibles, incluyendo información como los servicios registrados y la ESE a la que pertenecen, en Santiago de Cali.	Eliminación de puntos duplicados. Validar servicios registrados en la capa de centros de atención respecto al REPS.	IDESC
Equipamientos educativos	Capa vectorial con los equipamientos educativos disponibles en Santiago de Cali.	Extracción del atributo dirección catastral para la capa de pacientes.	IDESC
Comunas	Capa vectorial de la división administrativa por comunas de Santiago de Cali.	No aplica.	IDESC
Barrios	Capa vectorial de la división administrativa por barrios de Santiago de Cali.	Unión espacial con la capa Comunas para incluir la información de la comuna en esta capa.	IDESC

Dato recolectado	Descripción	Depuración realizada	Fuente
Servicios de salud	Tabla alfanumérica con los servicios que intervienen en las distintas etapas de la RIAS para cáncer de mama.	No aplica.	REPS
Pacientes	Capa vectorial con la información de los pacientes.	Migración de la información sociodemográfica, administrativa y clínica simulada	Elaboración Propia

En la tabla se evidencia la depuración realizada a la información de cada capa, en uno de los casos ajustando la topología a través de la eliminación de puntos duplicados, tomando como referencia el nombre, la sede del sitio y su ubicación en la zona de estudio, obteniendo puntos de centros de atención únicos que no se repiten de acuerdo a la cantidad de servicios que tengan registrados, asegurando una lectura precisa del mapa de oferta de servicios y evitando sobreestimaciones en los análisis de coberturas a nivel general y específico por servicios.

Por otro lado, se logró prescindir del uso de la capa adicional de comunas y de equipamientos educativos, debido a que la información de la primera, se ubicó directamente con los datos de la capa de barrios, facilitando la delimitación territorial y habilitando futuros análisis de distribución geográfica al permitir ubicar con precisión a pacientes y centros de atención en su correspondiente barrio y comuna, respecto a los equipamientos educativos, de esta solamente se consideró el atributo de dirección para su simulación para los datos de pacientes.

7.2.2. Modelamiento de la Ruta Integral de Atención en Salud para cáncer de mama

De esta fase resultaron dos modelos, uno metodológico (figura 6) y uno espacial (figura 7), adaptados de la RIAS para cáncer de mama. Los elementos incluidos en los modelos permiten que cada nodo traduzca el flujo clínico del diagrama en una abstracción, logrando ser representados como un componente técnico concreto, como una tabla, campo o atributo dentro del sistema desarrollado.

A partir de estos modelos se identificaron elementos del proceso asistencial que requerían representación espacial y cuáles funcionaban como estructuras lógicas, facilitando la organización de las funciones del SIG al vincular las etapas clínicas con los servicios disponibles en el territorio. Además, estos modelos permitieron establecer relaciones entre las fases del flujo asistencial y los módulos funcionales del sistema, lo que contribuyó a definir tipos de datos, estructuras de navegación y filtros de búsqueda. En el anexo 1 se encuentran los archivos correspondientes a estos resultados.

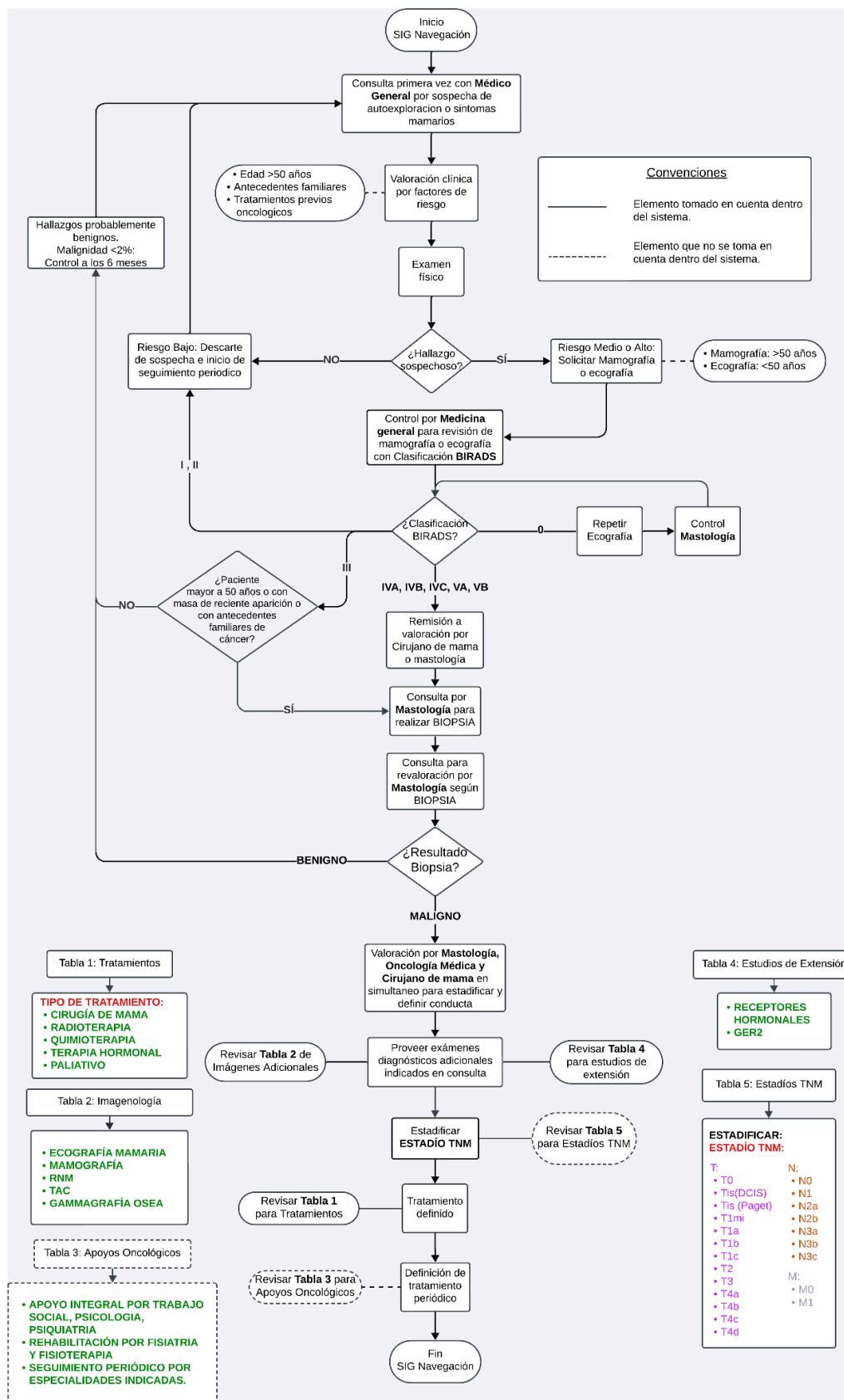


Figura 6. Adaptación metodológica de la Ruta Integral de Atención para Cáncer de Mama. Fuente propia.

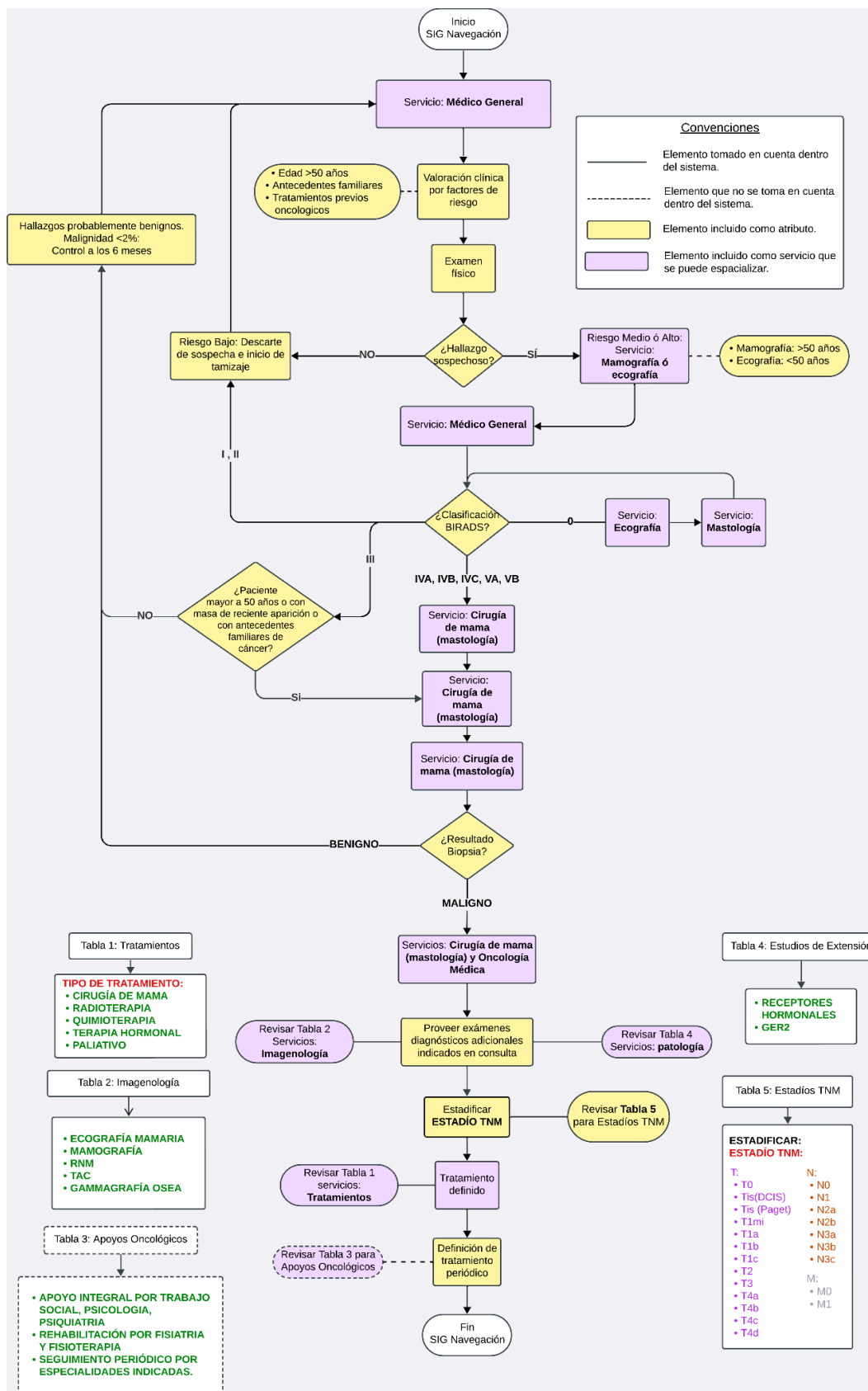


Figura 7. Adaptación especializada de la Ruta Integral de Atención para Cáncer de Mama. Fuente propia.

7.2.3. Diseño de Base de Datos Geográfica

Para el diseño de la BDG se desarrollaron los modelos entidad relación (o conceptual), lógico y físico; adicionalmente se desarrolló un catálogo de objetos geográficos como documentación de las definiciones y características de los elementos considerados dentro del diseño de la BDG. En el anexo 3 se pueden observar los modelos agrupados.

7.2.3.1. Modelo entidad relación (E/R) o Modelo conceptual

En la figura 8 se puede observar el modelo entidad-relación desarrollado para el diseño de la BDG.

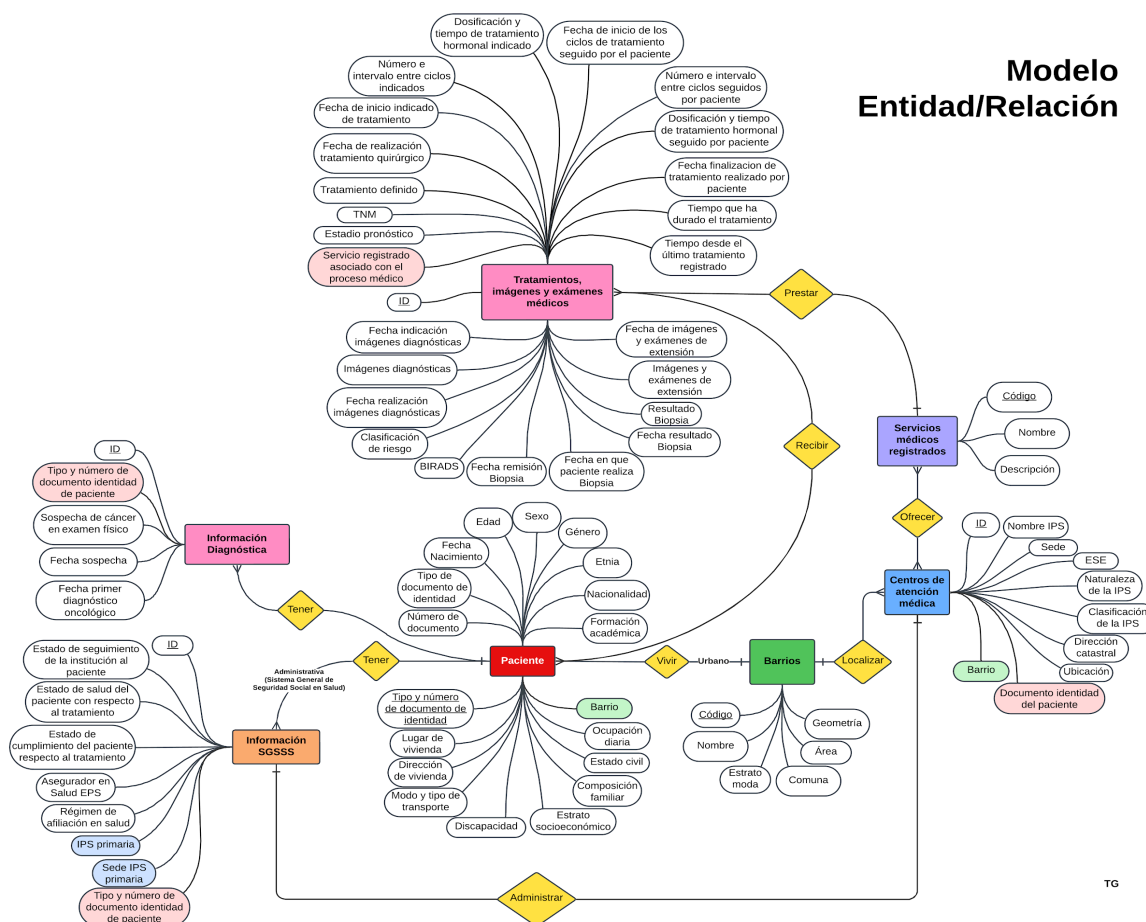


Figura 8. Modelo Entidad-Relación (Modelo Conceptual). Fuente propia.

Desde este diseño se agruparon los datos clínicos, sociales, administrativos y espaciales del paciente, ubicando a estos como entidad central del modelo y derivando en las entidades “Información diagnóstica”, “Información SGSSS” y “Tratamientos, imágenes y exámenes médicos”; por otro lado se relacionó a “Paciente” con “Centros de atención médica” y con la entidad “barrios”, esta última relación también se aplicó a “Centros de atención médica”, además esta también se relacionó con “Servicios médicos registrados” y con “Información SGSSS”.

Puede verse que “Centros de atención médica” y “Servicios médicos registrados” poseen una relación “muchos a muchos”, dado que un centro puede ofrecer varios servicios, y a su vez, un mismo servicio puede estar disponible en diferentes centros, de manera similar se plantea entre “Pacientes” y “Tratamientos, imágenes y exámenes médicos”, donde un paciente puede recibir varios tratamientos a lo largo del tiempo y un tipo de tratamiento puede ser recibido por varios pacientes.

7.2.3.2. Modelo lógico

[illegible]

Página 63 de 101

La base de datos integra una tabla principal que agrupa la información sociodemográfica de cada paciente, cuya clave primaria corresponde al tipo y número de documento de identidad. Esta misma tabla incluye un campo geométrico que representa el lugar de residencia, lo que permite asociar espacialmente a cada paciente con su barrio de vivienda. Dicha asociación se establece a través de una clave compuesta que vincula estos datos con una tabla territorial que agrupa los barrios urbanos, permitiendo complementar la información clínica con detalles sobre su ubicación y afiliación al sistema de salud.

Además, esta estructura se relaciona con otros componentes que permiten organizar la información médica del paciente. Por un lado, se vincula con un conjunto de datos que registra información diagnóstica que no cambia con el tiempo, como la fecha de sospecha clínica y el diagnóstico oncológico. Por otro lado, las acciones clínicas relacionadas con tratamientos, imágenes diagnósticas y exámenes se agrupan en un módulo estructurado bajo un esquema escalable y uniforme. Dado que un mismo paciente puede tener múltiples registros de atención, se implementó una tabla intermedia que permite una relación muchos a muchos entre pacientes y procedimientos clínicos, evitando duplicidades sin comprometer la integridad de los datos.

Respecto al componente territorial, el modelo contempla una tabla que representa los barrios urbanos mediante atributos catastrales y geometrías de tipo polígono. Esta se relaciona con los centros de atención médica, a los cuales se les asigna una ubicación geográfica precisa dentro del entorno urbano. Ambos elementos se vinculan a través de un identificador de barrio, lo que permite geolocalizar los servicios en función del lugar de residencia del paciente. Asimismo, se incluyó una tabla que describe los servicios médicos disponibles y una estructura intermedia que relaciona cada centro de atención con los servicios que ofrece. Esta organización evita redundancias y mantiene una estructura relacional coherente.

Los nombres de las tablas utilizadas en el modelo responden a una estructura lógica basada en los temas y grupos definidos durante la construcción del modelo físico, que se describe con mayor detalle en la sección siguiente. También se incorporaron dominios de valores predefinidos para ciertos campos, con el fin de facilitar el ingreso de datos a través de formularios más precisos e intuitivos. Esta normalización mejora la legibilidad general de la base de datos y favorece la comparación entre registros, reduciendo ambigüedades.

7.2.3.3. Modelo físico

La nomenclatura para los nombres de la información responde al orden de tema-grupo-nombre de capa, esta estandarización se cumplió en el modelo lógico, catálogo de objetos y durante la creación de la BDG. En la figura 10 se puede observar el modelo físico desarrollado para el diseño de la BDG.

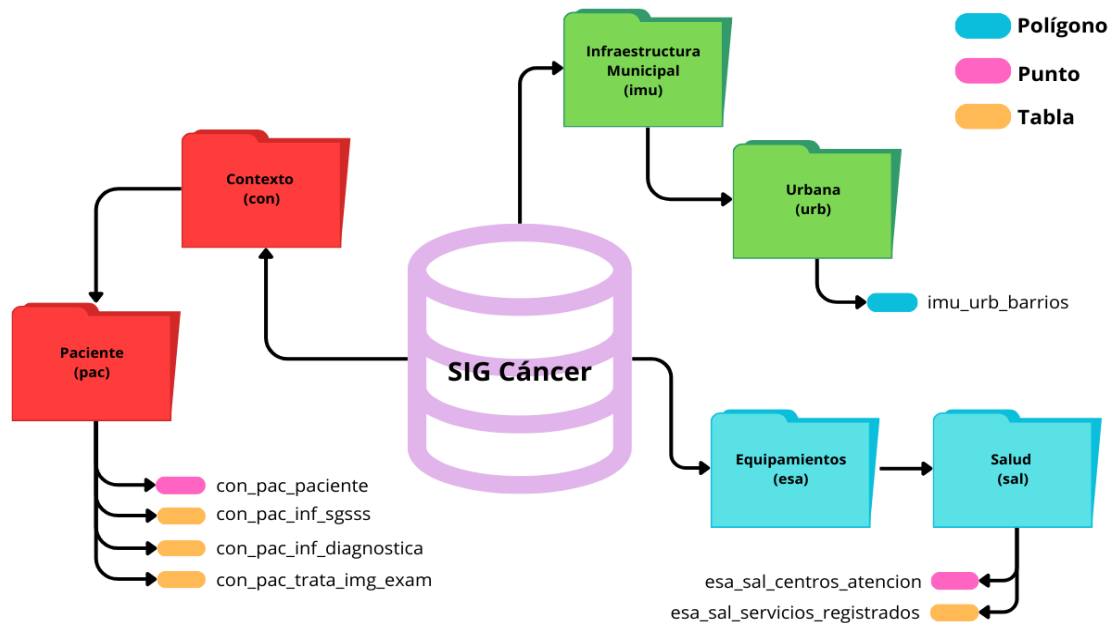


Figura 10. Modelo físico. Fuente propia.

Dentro del modelo físico se establecieron tres temas, cada uno de ellos con un grupo: Infraestructura Municipal (imu), que contiene el grupo Urbana (urb) y agrupa la tabla imu_urb_barrios; Contexto (con) que contiene el grupo paciente (pac) y agrupa las tablas con_pac_paciente, con_pac_inf_sgsss, con_pac_inf_diagnostica y con_pac_img_exam; y equipamientos (esa) que contiene el grupo salud (sal) y agrupa las capas esa_sal_centros_atencion y esa_sal_servicios_registrados. Se puede ver información que se representa como polígonos, puntos y tablas alfanuméricas.

7.2.3.4. Catálogo de objetos

A continuación en la tabla 13 se presenta un ejemplo diligenciado del catálogo de objetos para uno de los temas y un grupos de la BDG, en el anexo 4 se puede encontrar el catálogo completo con el resto de temas, grupos y variables.

Tabla 13. Extracción del Catálogo de objetos. Documentación de Temas y Grupos. Formato adaptado de Alcaldía de Santiago de Cali. (2020). Información diligenciada por los autores.

Formato para la documentación de Temas	
ELEMENTO	DEFINICIÓN
2,1. NOMBRE	Contexto (con)
2,2. DEFINICIÓN	Hace referencia a toda la información relativa al contexto de los pacientes
2,3. CÓDIGO	01
2,4. GRUPOS	Paciente (pac)
Formato para la documentación de Grupos	
ELEMENTO	DEFINICIÓN
NOMBRE	Paciente (pac)

DEFINICIÓN	Personas que padecen de cáncer de mama dentro de la zona urbana del distrito de Santiago de Cali
CÓDIGO	0101
OBJETOS	con_pac_paciente, con_pac_inf_sgsss, con_pac_inf_diagnostica, con_pac_trata_img_exam

7.2.4. Creación de Base de Datos Geográfica

Como resultado de la creación de la BDG, se obtuvo una estructura que integra información alfanumérica y espacial, articulando la información de los pacientes con su entorno físico, institucional y clínico, a partir de consultas transversales, basadas en atributos personales, territoriales, clínicos y administrativos, habilitando análisis complejos orientados a la navegación médica territorial. En la figura 11 se observa un ejemplo de una consulta aplicada para crear una de las tablas de la BDG, mientras que en la figura 12 se observa una consulta orientada a consultar información de una de las tablas de la BDG creada en PostgreSQL.

The screenshot shows the PostgreSQL query editor with the following SQL code:

```

CREATE TABLE con_pac_pacientes (
  tip_doc_num_ident text PRIMARY KEY,
  tip_doc_ident varchar(255),
  num_doc int,
  f_nacimiento date,
  sexo varchar(255),
  genero varchar(255),
  etnia varchar(255),
  nacionalidad varchar(255),
  forma_academica varchar(255),
  ocupacion_diaria varchar(255),
  estado_civil varchar(255),
  compo_familiar text,
  estrato_socie integer,
  modo_tipo_transport varchar(255),
  discapacidad varchar(255),
  direccion_vivienda text,
  lugar_vivienda GEOMETRY(point, (4326))
);

```

The Data Output pane displays the following data:

tip_doc_num_ident	tip_doc_ident	num_doc
Cédula de Ciudadanía (CC)12345678	Cédula de Ciudadanía (CC)	1234567
Cédula de Ciudadanía (CC)21345678	Cédula de Ciudadanía (CC)	2134567
Cédula de Ciudadanía (CC)32145678	Cédula de Ciudadanía (CC)	3214567
Cédula de Ciudadanía (CC)43215678	Cédula de Ciudadanía (CC)	4321567
Cédula de Ciudadanía (CC)54321678	Cédula de Ciudadanía (CC)	5432167
Cédula de Ciudadanía (CC)65432178	Cédula de Ciudadanía (CC)	6543217
Cédula de Ciudadanía (CC)76543218	Cédula de Ciudadanía (CC)	7654321
Cédula de Ciudadanía (CC)87654321	Cédula de Ciudadanía (CC)	8765432
Cédula de Ciudadanía (CC)98765432	Cédula de Ciudadanía (CC)	9876543

Figura 11. Consulta tabla con_pac_pacientes, BDG. Fuente propia.

The screenshot shows the PostgreSQL query editor with the following SQL code:

```

SELECT * FROM public.esa_sal_centros_atencion
ORDER BY gid ASC;

```

The Data Output pane displays the following data:

gid	nombre_ips
1	ASOCIACION PROBIENESTAR DE LA FAMILIA COLOMBIANA
2	COOPERATIVA DE SERVICIOS SOLIDARIOS DE SALUD
3	COOPERATIVA DE SERVICIOS SOLIDARIOS DE SALUD
4	COOPERATIVA DE SERVICIOS SOLIDARIOS DE SALUD
5	FUNDACION CLINICA FORJAR COLOMBIA - "FORJAR
6	FUNDACION PARA LA PROMOCION DE LA SALUD Y PR
7	ABRAHAM ORTEGA TAPANES
8	ACOUSTIC SYSTEM S.A.S.
9	adolfo leon gomez arias
10	ADOLFO LEÓN VERA DELGADO
11	ADRIAN GARCIA ARIAS
12	adriana eugenia bohigas barney

Figura 12. Tablas con_pac_pacientes y esa_sal_centros_atencion de la BDG. Fuente propia.

En las vistas que se crearon, se reúne información en función de su propósito, por ejemplo, una de ellas agrupa los centros de atención divididos por servicios que se reciben en cada fase de la ruta; en otra se recogen las fechas asociadas a diagnósticos y todos los procedimientos médicos, junto con su ubicación espacial, lo que permitió ejecutar un análisis espacial en una vista adicional, esta última identifica los centros de atención cercanos al paciente según la etapa clínica que está cursando.

Permitiendo una navegación intuitiva, que organiza y presenta la información espacial en función del recorrido clínico, conforme a las etapas y secuencia definidas por la RIAS, ahorrando tiempo y disminuyendo la carga operativa en el uso del sistema, facilitando la toma de decisiones, la identificación de posibles barreras territoriales o institucionales. En la figura 13 se observa el ejemplo de una vista que integra toda la información clínica de los pacientes y en la figura 14 la consulta de la vista de centros de atención y servicios registrados.

	pid	tip_doc_ident	num_doc	f_nacimiento	edad	regimen_salud	aseg_sps	lpa_primaria
	bigint	character varying (255)	integer	timestamp without time zone	integer	character varying (45)	character varying (255)	character varying (255)
1	48	Cédula de Ciudadanía (CC)	12345678	1978-08-23 00:00:00	46	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
2	49	Cédula de Ciudadanía (CC)	12345678	1978-08-23 00:00:00	46	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
3	52	Cédula de Ciudadanía (CC)	12345678	1978-08-23 00:00:00	46	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
4	53	Cédula de Ciudadanía (CC)	12345678	1978-08-23 00:00:00	46	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
5	54	Cédula de Ciudadanía (CC)	12345678	1978-08-23 00:00:00	46	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
6	55	Cédula de Ciudadanía (CC)	12345678	1978-08-23 00:00:00	46	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
7	56	Cédula de Ciudadanía (CC)	12345678	1978-08-23 00:00:00	46	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
8	78	Cédula de Ciudadanía (CC)	21345678	1963-06-12 00:00:00	62	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
9	79	Cédula de Ciudadanía (CC)	21345678	1963-06-12 00:00:00	62	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
10	80	Cédula de Ciudadanía (CC)	21345678	1963-06-12 00:00:00	62	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
11	81	Cédula de Ciudadanía (CC)	21345678	1963-06-12 00:00:00	62	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
12	82	Cédula de Ciudadanía (CC)	21345678	1963-06-12 00:00:00	62	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
13	83	Cédula de Ciudadanía (CC)	21345678	1963-06-12 00:00:00	62	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
14	84	Cédula de Ciudadanía (CC)	21345678	1963-06-12 00:00:00	62	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
15	22	Cédula de Ciudadanía (CC)	32145678	1974-03-29 00:00:00	51	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
16	23	Cédula de Ciudadanía (CC)	32145678	1974-03-29 00:00:00	51	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
17	24	Cédula de Ciudadanía (CC)	32145678	1974-03-29 00:00:00	51	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
18	25	Cédula de Ciudadanía (CC)	32145678	1974-03-29 00:00:00	51	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
19	26	Cédula de Ciudadanía (CC)	32145678	1974-03-29 00:00:00	51	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
20	27	Cédula de Ciudadanía (CC)	32145678	1974-03-29 00:00:00	51	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
21	28	Cédula de Ciudadanía (CC)	32145678	1974-03-29 00:00:00	51	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
22	29	Cédula de Ciudadanía (CC)	32145678	1974-03-29 00:00:00	51	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D
23	30	Cédula de Ciudadanía (CC)	32145678	1974-03-29 00:00:00	51	Subsidiado	EMSSANAR	E.S.E. RED DE SALUD D

Figura 13. Vista pacientes-centros de atención e información administrativa, BDG. Fuente propia.

```
CREATE OR REPLACE VIEW vista_relacion_centros_atencion_servicios_registrados AS
SELECT
    ROW_NUMBER() OVER () AS objectid,
    r.centros_atencion_id,
    ct.nombre_ips,
    ct.sede,
    ct.ese_nombre,
    ct.natu_ips,
    ct.cla_ips,
    ct.direc_cat,
    ct.geom,
    r.servicios_registrados_codigo,
    sv.nomb,
    sv.descrip
FROM relacion_centros_atencion_servicios_registrados as r
JOIN esa_sal_centros_atencion ct ON r.centros_atencion_id = ct.id
JOIN esa_sal_servicios_registrados sv ON r.servicios_registrados_codigo = sv.codigo
ORDER BY ct.nombre_ips ASC, ct.sede ASC;
```

Figura 14. Consulta creación vista geográfica centros atención y servicios registrados, BDG. Fuente propia.

Gracias al componente espacial de la BDG, fue posible identificar patrones relevantes como la concentración de servicios en sectores específicos, la cobertura real de zonas de influencia y las distancias planas entre la residencia del paciente y los centros de atención. A partir del análisis exploratorio, se adoptó un radio de 8 km como parámetro de área de influencia, observando que pacientes ubicados en los márgenes de la cobertura urbana de Cali, requerían desplazamientos igual o mayores a ese umbral para acceder a servicios especializados del sistema.

7.2.4.1. Creación de dominios y triggers

Durante esta fase, se implementaron los dominios establecidos para variables relacionadas a datos sociodemográficos, tales como: tipo de documento, género, etnia, estado civil, nivel educativo, estrato socioeconómico, ocupación y tipo de transporte. De igual forma para aquellas variables relacionadas con información clínica, sin embargo, teniendo en cuenta que los exámenes, imágenes o tratamientos pueden requerir anotaciones específicas o estar asociados a procesos en conjunto, únicamente se definieron dominios para BIRADS, TNM, estadios pronósticos, clasificación de riesgo y resultados de Biopsia.

En cuanto a las variables afines con datos administrativos relacionados con el SGSSS, se implementaron dominios para el régimen de afiliación y el asegurador en salud (EPS). También se incluyeron dominios para el estado de salud del paciente respecto al tratamiento, así como el estado de seguimiento institucional y el cumplimiento del tratamiento, incorporando así el vínculo entre institución y paciente. Estos aspectos complementan el componente territorial de la navegación. Los dominios mencionados anteriormente pueden observarse en la tabla 14.

Tabla 14. Dominios de seguimiento del paciente. Fuente propia.

<i>Dominios tabla con_pac_inf_sgsss</i>		
Estado de salud del paciente con respecto al tratamiento (dom_est_salud_pac_trat)	Estado de seguimiento de la institución al paciente (dom_est_segui_inst_pac)	Estado de cumplimiento del paciente respecto al tratamiento (dom_est_cumpl_pac_trat)
Controlado	Ausente	En continuidad
En recaída	Atrasado	
Progresión	Al día	Tratamiento Pendiente
Libre de enfermedad	Concluido	

Finalmente, se implementaron dominios en las variables asociadas a los centros de atención, como la naturaleza jurídica de la IPS, su clasificación según el nivel de complejidad y la ESE a la que pertenece, permitiendo mantener una estructura estandarizada y ordenada acerca de las instituciones, sin interferir con el funcionamiento general ni limitando las posibles actualizaciones oficiales en el futuro. Los dominios definidos para las diferentes variables de la BDG pueden consultarse en el anexo 5.

En otro aspecto, con la incorporación de triggers o disparadores se automatizaron procesos rutinarios que debían de realizarse manualmente dentro de la base de datos, como el cálculo de edad, siendo añadidos dentro de vistas para asegurar que el valor se actualizará dinámicamente sin alterar la tabla base; de igual forma se incorporaron triggers para realizar acciones como la generación automática de un identificador único, mediante la concatenación del tipo y número de documento, para asegurar la unicidad del registro, especialmente en casos donde distintos pacientes podrían compartir el mismo número pero con distinto tipo de identificación; o la actualización del estado de seguimiento clínico, reduciendo la posibilidad de errores de digitación y tiempos de consulta. La consulta para construir el trigger mencionado anteriormente se puede visualizar en la figura 15.

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION set_ident_num_doc()
RETURNS trigger AS $$
BEGIN
    NEW.tip_doc_num_ident := NEW.tip_doc_ident || NEW.num_doc;
    RETURN NEW;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE TRIGGER trg_set_ident_num_doc
BEFORE INSERT OR UPDATE ON con_pac_pacientes
FOR EACH ROW
EXECUTE FUNCTION set_ident_num_doc();
```

Figura 15. Consulta trigger identificador único pacientes, BDG. Fuente propia.

7.2.5. Implementación de la Base de datos geográfica en un servidor

El resumen y descripción de las capas y tablas de la BDG que se subieron a ArcGIS Online usan el formato Feature Service y se observan en la figura 16, mientras que en la figura 17 se observa parte de la información almacenada.

The screenshot displays the ArcGIS Online interface for a Feature Layer named 'sig_cancer_9'. The top navigation bar includes tabs for 'Vista general', 'Datos', 'Visualización', 'Uso', and 'Configuración'. The main content area shows a map thumbnail of a terrain, a description of the layer, and a list of actions. The description states that the layer contains geographic data for the 'SIG para navegación médica territorial para pacientes con cáncer de mama en la zona urbana de Santiago de Cali' project. The actions list includes 'Abrir en Map Viewer', 'Abrir en el visor de escenas', 'Compartir', 'Abrir en ArcGIS Pro', 'Publicar', 'Crear capa de vista', 'Exportar datos', 'Actualizar datos', 'Editar metadatos', and 'Agregar a favoritos'. The owner information at the bottom shows 'juan munoz' with the email 'juan.munoz.acosta_UVGeomatica'.

Figura 16. Información Feature Layer, ArcGIS Online. Fuente propia.

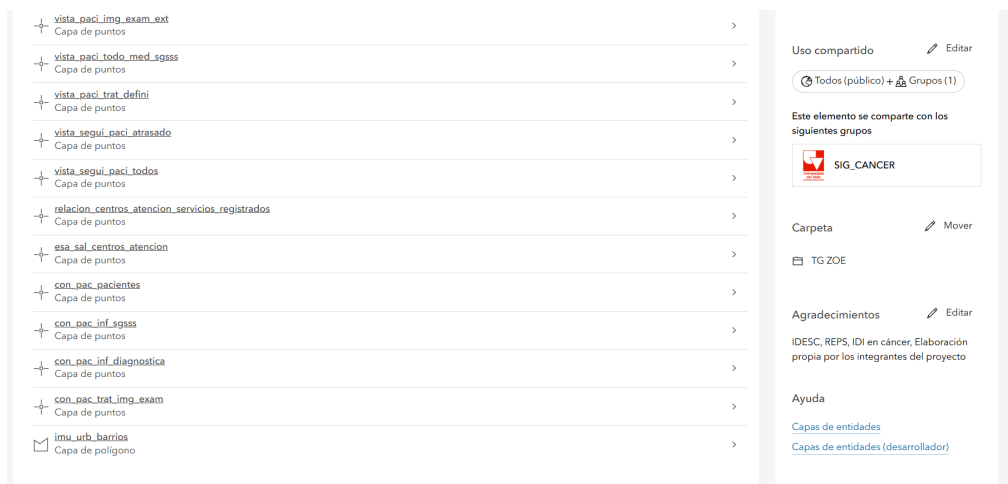


Figura 17. Parte del listado de capas alojadas, ArcGIS Online. Fuente propia.

7.3. FASE III: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Siguiendo con lo establecido en la metodología para esta fase se desarrolló el diseño general del sistema, orientado por los requerimientos establecidos y realizando los casos de uso, desarrollando posteriormente la estructura interna y visual del sistema, finalmente culminando con la implementación del sistema.

7.3.1. Diseño del sistema e interfaz de usuario

Como resultado de la fase de diseño, se definió la formulación de requerimientos funcionales y no funcionales específicos para la interfaz del sistema, se realizaron los bosquejos para guiar la organización y estructura visual de cada módulo del sistema, siendo parte fundamental durante la definición de la lógica de interacción entre los diferentes elementos.

7.3.1.1. Requerimientos funcionales y no funcionales del diseño del sistema

En esta sección se orientaron los requerimientos funcionales considerando los subsistemas establecidos, teniendo en cuenta los flujos de trabajo que los usuarios requieren para llevar a cabo un uso adecuado del sistema, respondiendo a las necesidades prácticas de visualización, registro, consulta y análisis de información. Varios de estos requerimientos son más específicos respecto a los planteados en fases previas. En la tabla 15 se presentan los requerimientos funcionales específicos definidos en esta fase.

Tabla 15. Requerimientos funcionales (fase de diseño del sistema). Fuente propia.

Módulo	Requerimiento funcional
Zoom (Acercar y Alejar)	Permitir al usuario modificar la escala del mapa base, acercando o alejando la visualización para explorar de manera más detallada o general las áreas de interés.

Módulo	Requerimiento funcional
Encendido y apagado de capas y/o marcadores	Permitir apagar o encender capas temáticas en el visor.
Visualización del Mapa Base	Muestra el mapa base, generalmente con servicios como OpenStreetMap, que sirve como referencia geográfica sobre la cual se superponen las capas temáticas del sistema.
Galería de Mapas Base	Ofrece al usuario la posibilidad de cambiar entre diferentes tipos de mapas base (satélites, relieve, calles, etc.) proporcionados por ArcGIS Online.
Navegación entre módulos	Facilitar el acceso entre los distintos componentes del sistema (visor individual, colectivo, formularios, tablero de control) mediante una barra superior organizada temáticamente.
Función de representación tardía para paciente	Mostrar simbología de diferentes colores respecto al estado de cumplimiento del paciente en relación al tratamiento
Ventanas emergentes informativas	Al seleccionar un marcador (paciente o institución), desplegar información resumida y contextual para apoyar la toma de decisiones territoriales en salud.
Visualización de estadísticas	Mostrar estadísticas gráficas de variables seleccionadas.
Menú de contador para análisis estadístico	Mostrar contadores correspondientes a la frecuencia de aparición de atributos específicos.
Panel de control estadístico	Representar gráficamente información agregada como número de pacientes, cobertura institucional, distribución por zonas, estado del seguimiento y otras variables relevantes.
Visualización territorial	Mostrar la ubicación geográfica de pacientes, centros de atención y zonas de interés, permitiendo identificar la cercanía o distribución de servicios en relación con los casos.
Filtros temáticos por condición	Habilitar filtros por variables clínicas (fase del tratamiento, sospecha confirmada, edad) y condiciones sociales (estrato, etnia, régimen) que permitan enfocar la navegación.
Acceso a guías de uso	Disponer dentro del sistema de material técnico y visual que acompañe al usuario en el entendimiento de las funcionalidades, sin depender de formación técnica previa.

En cuanto a los requerimientos no funcionales (tabla 16), se definieron con base en principios de diseño al contexto clínico y geográfico de la navegación médica, considerando aspectos de accesibilidad, legibilidad, visualización, y organización del contenido, siguiendo criterios técnicos desarrollados anteriormente.

Tabla 16. Requerimientos no funcionales (fase de diseño del sistema). Fuente propia.

Módulo	Requerimiento no funcional
Interfaz de usuario	Crear una interfaz amigable, dividida en módulos funcionales, adaptable a distintos perfiles de usuario.
Coherencia visual	El sistema debe mantener una paleta de colores asociada al contexto de salud oncológica femenina, con contrastes suficientes para la lectura, sin recurrir a tonos agresivos.

Módulo	Requerimiento no funcional
Lenguaje de interfaz	Todos los textos visibles en botones, títulos y formularios deben usar un lenguaje directo, profesional, sin tecnicismos, y adecuado al rol de un profesional de salud no especializado en SIG.
Experiencia fluida	El diseño debe minimizar los pasos entre acciones frecuentes (como ver pacientes filtrados y acceder a su información) evitando menús innecesarios o recargas de página.
Jerarquía visual	La interfaz debe distribuir el contenido con claridad, destacando visualmente los elementos prioritarios (como ubicación del paciente, tipo de atención o fase actual).
Diseño modular	Cada módulo debe diseñarse como un componente autónomo, pero visualmente conectado al resto del sistema, manteniendo un orden predecible para el usuario.
Adaptación al flujo clínico	La disposición de los elementos debe reflejar la lógica del flujo clínico-territorial, es decir, primero ubicación, luego condición, después contacto y seguimiento.

7.3.1.2. Casos de uso

En esta sección se pueden observar los casos de uso desarrollados a partir de los requerimientos establecidos y los subsistemas considerados, al contrastar el sistema con los requerimientos establecidos se observó que hay funcionalidades que son comunes a diferentes apartados del sistema y que están intrínsecamente relacionados con ellos. En el anexo 6 se detallan estos diagramas. En la figura 18 se puede observar el diagrama del caso de uso correspondiente al módulo de Geovisor y a las secciones integradas: Navegación territorial por paciente, Navegación territorial colectiva y Navegación territorial colectiva.

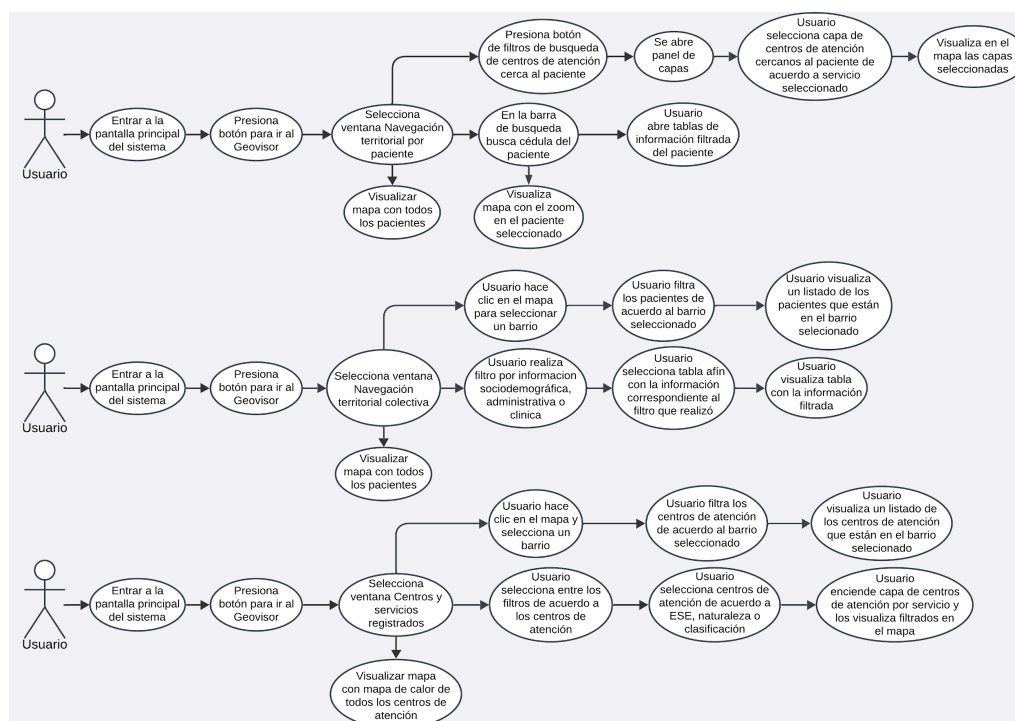


Figura 18. Casos de uso para sección de geovisor. Fuente propia.

En la figura 19 se puede observar el diagrama del caso de uso correspondiente al módulo de Tablero de control.

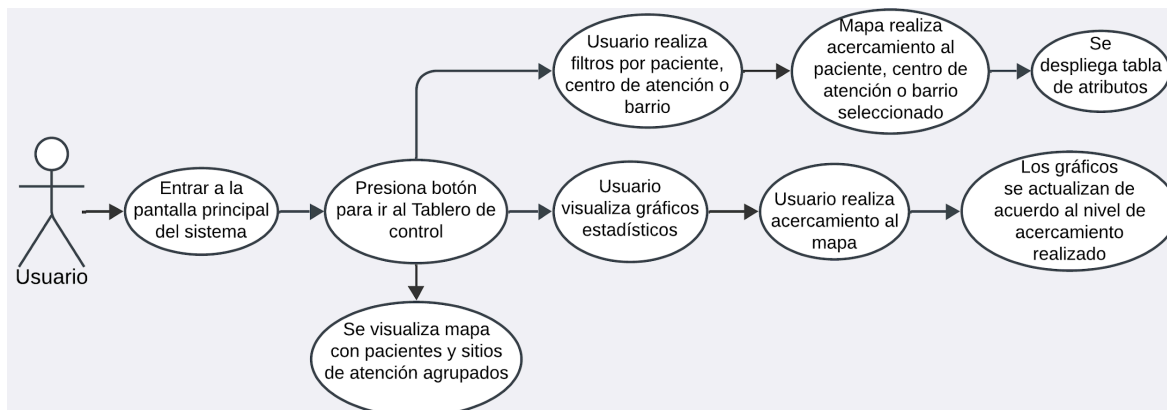


Figura 19. Casos de uso para sección del tablero de control. Fuente propia.

En la figura 20 se puede observar el diagrama del caso de uso correspondiente al módulo de Registro y edición de datos.

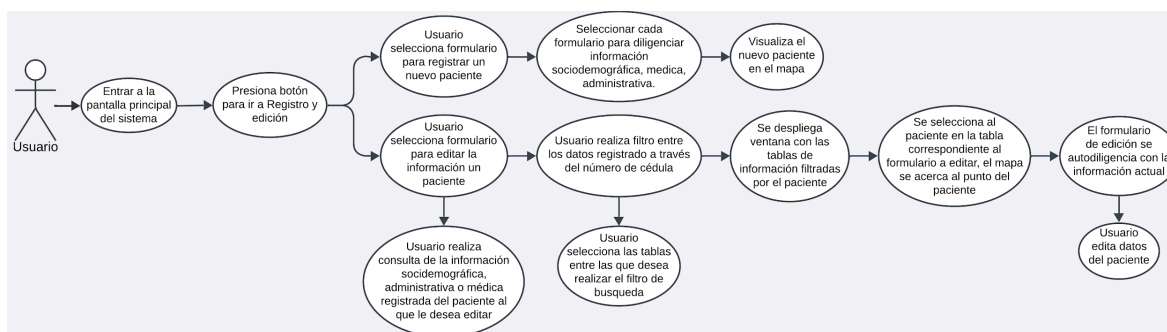


Figura 20. Casos de uso para sección de registro y edición. Fuente propia.

7.3.1.3. Diseño visual y estructura de interfaz

Al momento de realizar los esquemas para el diseño del sistema se representaron sus diferentes subsistemas: página principal del sistema, geoportal, tablero de control y módulo de registro y edición. Todos los esquemas desarrollados se pueden encontrar en el anexo 7.

En la figura 21 se observa uno de los esquemas para la página principal del sistema, representando la idea inicial del encabezado, la primera sección abarcando la imagen principal y el título del proyecto, y la segunda sección presentando la descripción y los botones para ir a los módulos del sistema.

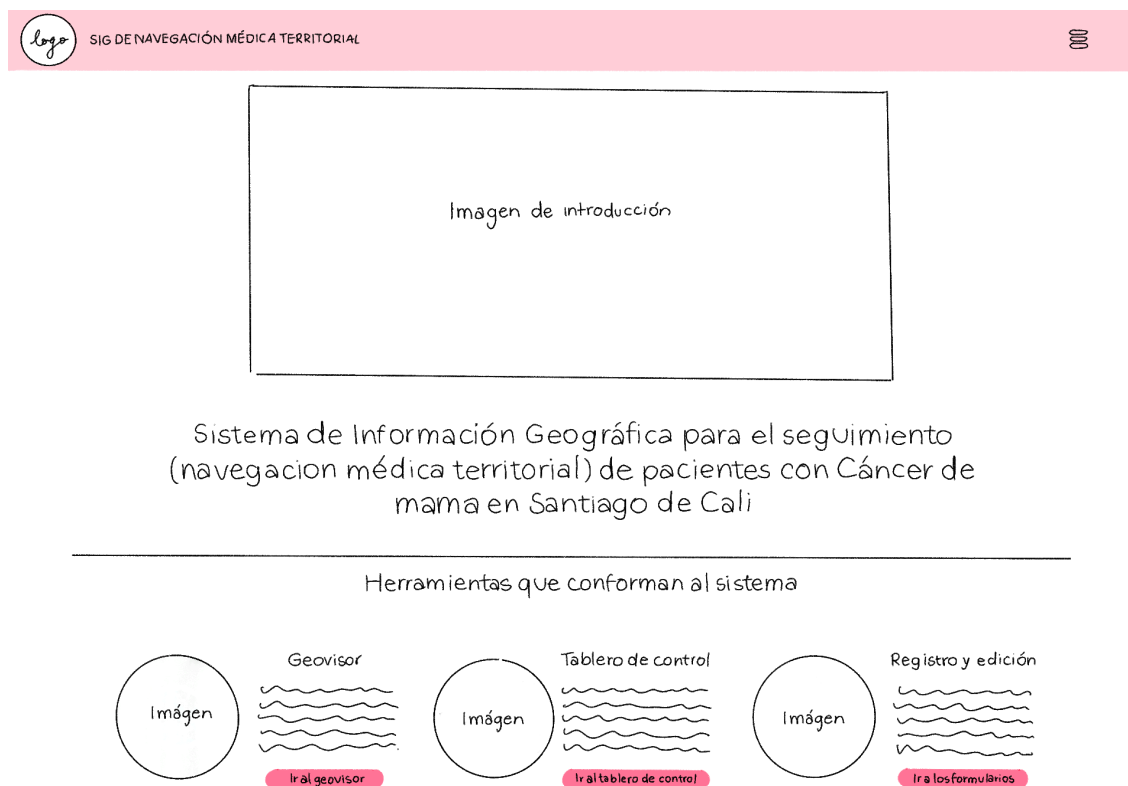


Figura 21. Esquema - Página principal del sistema. Fuente propia.

En la figura 22 se observa el esquema donde se detalla el diseño planteado para uno de los geovisores, específicamente el de navegación territorial por paciente, donde se visualiza la ubicación del paciente y la idea sobre la simbología de los puntos de pacientes de acuerdo al estado en que estos se encuentren respecto al tratamiento.

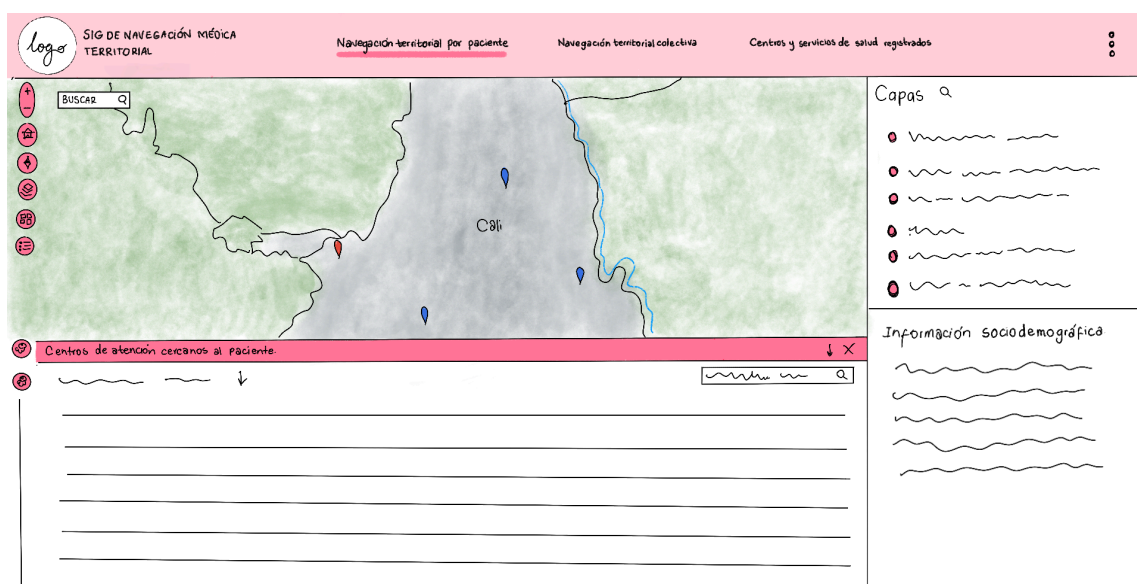


Figura 22. Esquema - Módulo del Geovisor - "Navegación territorial por paciente" del sistema. Fuente propia.

La figura 23 presenta el esquema con el diseño planteado para el módulo del tablero de control, diseñado para representar información agrupada sobre pacientes, su ubicación, y variables asociadas mediante gráficos circulares, de barras, contadores numéricos y filtros.

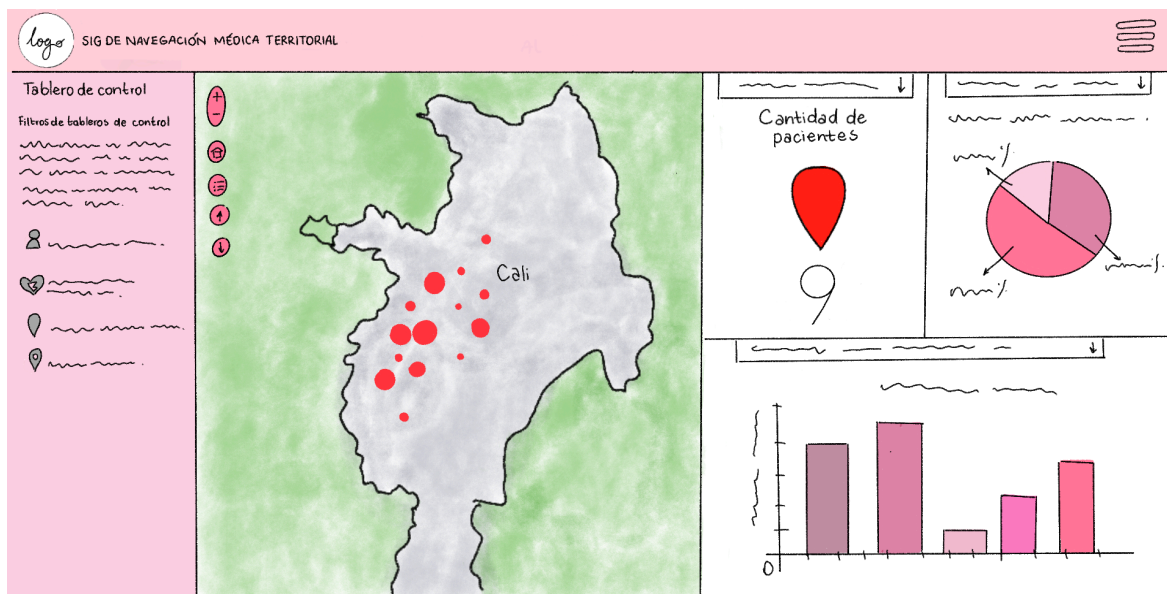


Figura 23. Esquema - Módulo del tablero de control del sistema. Fuente propia.

Afín a lo anterior, en la figura 24 se presenta el esquema con el diseño planteado para el módulo de registro y edición de pacientes, que incluye formularios divididos por tipo de información (sociodemográfica, administrativa y clínica) y la visualización directa sobre el mapa para facilitar el posicionamiento geográfico del paciente.

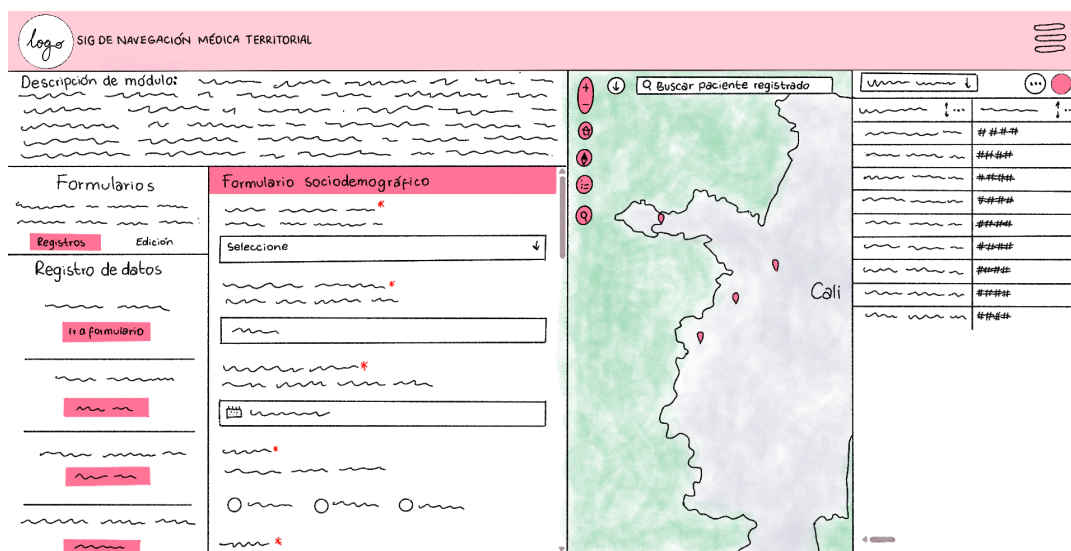


Figura 24. Esquema - Módulo de registro y edición de pacientes del sistema. Fuente propia.

En cuanto al diseño visual, se eligió como color principal el rosa, que además de ser el color más conocido para representar la temática del cáncer de mama, según Adobe (2025), puede interpretarse como un tono que transmite cercanía y afecto, cualidades que contribuyen a experiencias empáticas, apoyo emocional y sensibilidad en entornos de salud, mientras que el color blanco, se incorporó para aportar una apariencia limpia y facilitar la lectura en la interfaz; en los casos donde se hizo necesario complementar o resaltar detalles específicos, se utilizó un tono rosado más intenso.

7.3.2. Desarrollo de la estructura interna y visual del sistema

Para el desarrollo del sistema se crearon los siguiente elementos, 5 mapas a través de Map viewer, 7 formularios empleando Survey123 Connect y 1 tablero de control utilizando ArcGIS Dashboards, mientras que en ArcGIS Experience Builder se desarrollaron los 3 geovisores y el sitio web en general.

Al tener las capas subidas en ArcGIS online los primeros elementos que se crearon fueron los mapas necesarios para integrarlos en los diferentes subsistemas, dentro de cada uno de estos se realizaron modificaciones a las capas de información, personalizandolas de acuerdo al módulo con el que se fueran a integrar, en la tabla 17 se presentan la características que se ajustaron en las capas y la descripción sobre cada ajuste realizado.

Tabla 17. Ajustes de mapas para uso en herramientas. Fuente propia.

Característica	Ajustes realizados
Alias de campos	Debido a que los campos de las tablas de atributos mantuvieron los mismos nombres al subirlas en ArcGIS online estos se ajustaron para visualización.
Alias de capas	Dado que las capas mantuvieron los mismos nombres que estos poseían en la base de datos, se les asignó un alias para visualización dentro de la leyenda de los mapas.
Ventanas emergentes	Se configuró el contenido de las tablas de atributos de cada capa de la que se quería observar una ventana emergente, en algunos casos esta opción se deshabilitó.
Simbología	De acuerdo a la necesidad de capa herramienta del sistema se ajustó la simbología de las respectivas capas necesarias. Se hicieron ajustes tales como agrupaciones de puntos por clusters, mapas de calor, clasificación por atributos y cambios en el color, tamaño y forma de los puntos.
Leyenda	Se configuró la leyenda de las capas para que fuera acorde a la simbología ordenada previamente, en algunos casos se organizó el orden de presentación de los atributos dentro de la leyenda.
Etiquetado	Se configuró el etiquetado de ciertas capas de acuerdo a atributos como nombre de paciente, centro de atención o barrios, según correspondiera
Escala de visualización	Se estableció que las capas y sus etiquetas solamente se pudieran visualizar dependiendo del nivel de zoom que se realizará, esta configuración dependió del mapa en específico que se estuviera trabajando, dado que en algunos mapas era importante visualizar información a menor escala, mientras que en otros era necesario verla a mayor escala.

En relación a los mapas se obtuvieron 5 en total: uno para el tablero de control, 3 para el geovisor y 1 para el registro y edición de formularios. A continuación en la figura 25 se presenta la interfaz de trabajo en Map Viewer, para el ejemplo se presenta la edición del mapa realizado para el Tablero de control.

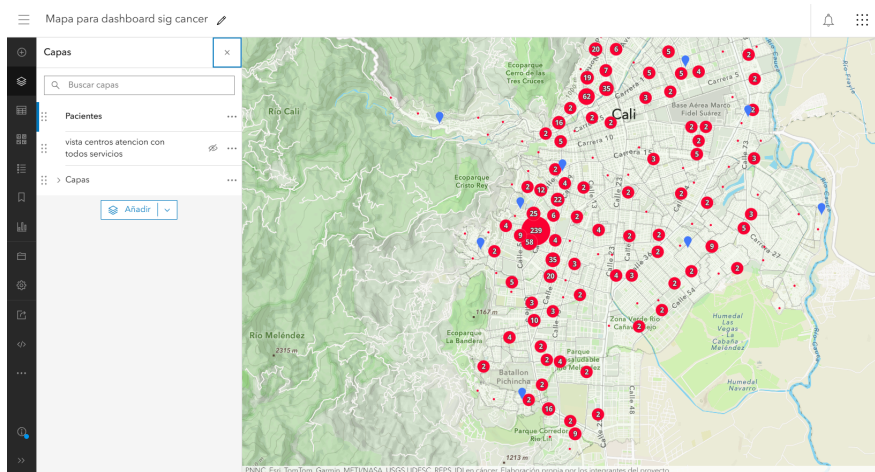


Figura 25. Desarrollo de mapa para tablero de control, Map Viewer. Fuente propia.

Una vez se crearon los mapas se procedió a desarrollar el módulo de tablero de control, para este se incluyó uno de los mapas desarrollados en Map Viewer en conjunto a funcionalidades de filtros, contadores, gráficos de torta y barras y tablas, todos mostrando información estadística sobre los datos sociodemográficos, administrativos y clínicos de los pacientes, a su vez que realizan análisis para los centros de atención y los servicios que prestan.

Dentro del mapa se observan los barrios, pacientes y centros de atención, estos últimos representados a través de entidades agrupadas, en donde cada vez que se acerca el mapa estos se van desagregando hasta observarse individualmente; el mapa posee herramientas para hacer zoom, volver a la posición inicial y observar la leyenda de las capas. En la figura 26 se presenta la interfaz de desarrollo del tablero de control en ArcGIS Dashboards.

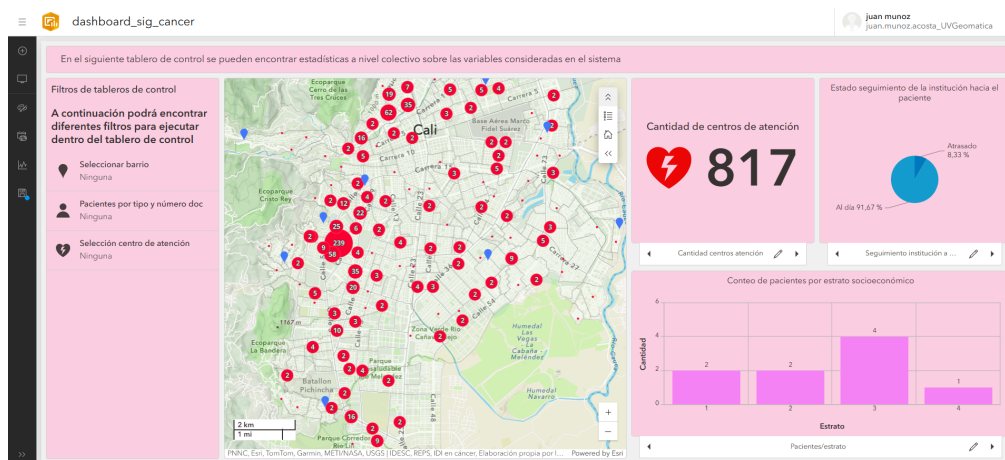


Figura 26. Desarrollo de tablero de control, ArcGIS Dashboards. Fuente propia.

Posterior a la creación de los mapas para las herramientas del sistema, se crearon los formularios para el registro y edición de los datos incorporados en las capas de información, se crearon en total 7 formularios, correspondientes a: información sociodemográfica, administrativa, diagnóstica, imágenes diagnósticas, datos biopsia, datos de imágenes y exámenes de extensión y datos de tratamiento definido. En lo correspondiente a los formularios de información relacionados al apartado clínico estos se dividieron para dinamizar la experiencia del usuario al diligenciar los formularios, al segmentar la información por temática este puede diligenciar aquel que le interesa, evitando diligenciar todo un formulario con información innecesaria en el momento.

A continuación se presentan los formularios desarrollados en Survey123 Connect y la estructura del mismo planteada en XLSForm utilizando Microsoft Excel, ya que a través de esta forma se conectaron los datos de los formularios a los campos de la capa en específico. En la figura 27 se muestra la previsualización del formulario desde la interfaz de Survey123 Connect antes de subirlo a ArcGIS Online.

En la figura 28 se puede observar el diseño de los campos que estructuran las preguntas de los formularios, en la primera hoja (Survey) se puede asignar el tipo de pregunta, nombre, alias de la pregunta y una indicación para guiar al usuario cuando esté diligenciando alguna pregunta en cuestión. Además, se puede editar la apariencia del formulario para establecer el espacio de respuesta (en el caso de preguntas abiertas), la visualización de respuestas de varias opciones y ajustar las preguntas para ser de obligatoria respuesta o no.

The screenshot displays the Survey123 Connect web interface. At the top, a green header bar contains the text 'Formulario de diligenciamiento de datos sociodemográficos'. Below this, a pink header bar within the form area reads 'Formulario datos sociodemográficos'. The form itself consists of several sections: 'Tipo de documento de identidad *' with a dropdown menu; 'Número de documento de identidad *' with a text input field; 'Fecha de nacimiento *' with a date picker; 'Sexo *' with three radio button options: 'Masculino', 'Femenino', and 'Intersexual'; and 'Género *' with a text input field. A left sidebar contains icons for 'XLSForm', 'Update', 'Files', 'Tools', and 'Publish'. At the bottom, a navigation bar includes icons for 'Form', 'Details', 'Options', 'Map', 'Media', 'Linked Content', 'Scripts', and 'Schema'. The form is currently in the 'Form' view, indicated by the selected icon in the bottom bar.

Figura 27. Previsualización de formulario, Survey123 Connect. Fuente propia.

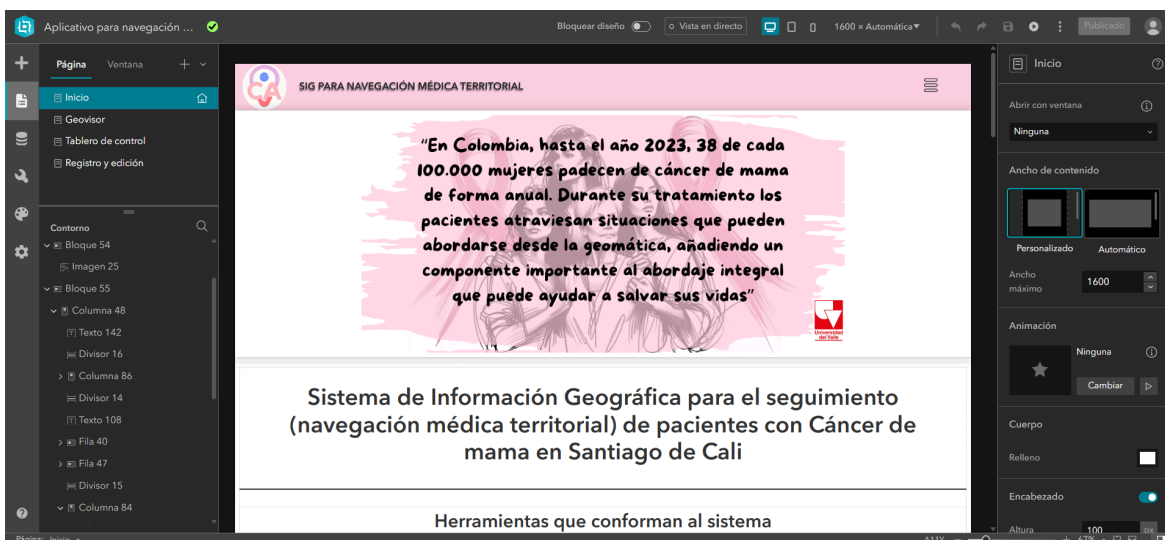


Figura 29. Interfaz de desarrollo página Inicio, Experience Builder. Fuente propia.

Para la página de geovisor se estableció una sola sección de vistas con un panel de navegación ubicado en el encabezado, cada una de estas representando un apartado del geovisor diferente, para cada uno de estos el componente principal era uno de los mapas desarrollados previamente. En este apartado se incluyeron filtros de búsqueda, control de capas, leyenda, control de zoom, además de elementos como ventanas emergentes con tablas de atributos de las capas presentes en cada mapa. En la figura 30 se observa la interfaz de Experience Builder con parte de los elementos utilizados para el desarrollo de la página Geovisor.

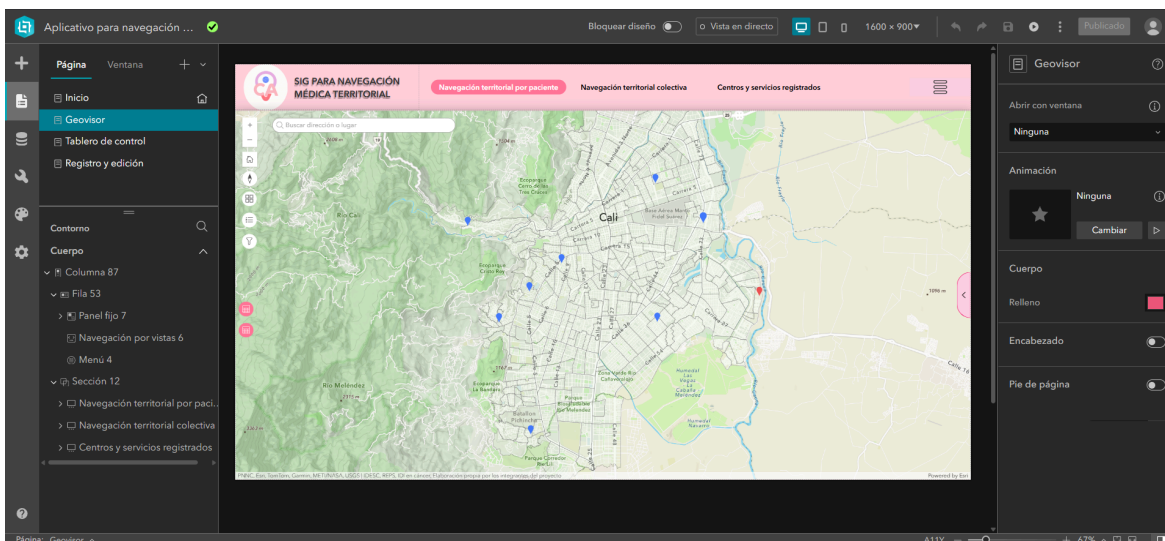


Figura 30. Interfaz de desarrollo página Geovisor, Experience Builder. Fuente propia.

Para la sección del módulo del tablero de control únicamente se incluye la herramienta de integrar, donde se enlazó la dirección web del tablero de control desarrollado previamente para que este quedará embebido dentro de la página.

En la figura 31 se observa la interfaz de Experience Builder con los elementos del desarrollo de la página tablero de control.

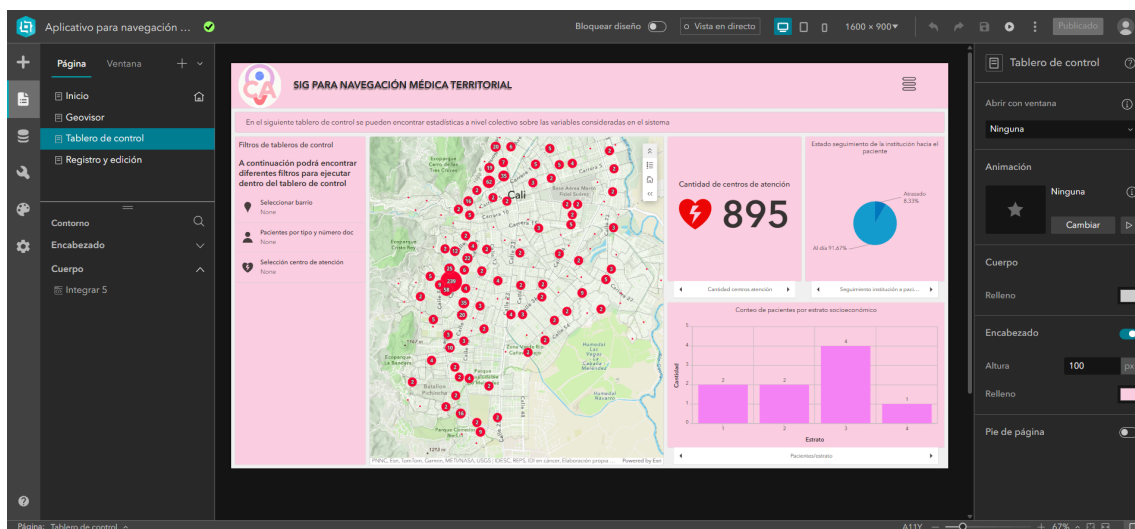


Figura 31. Interfaz de desarrollo página Tablero de control, Experience Builder. Fuente propia.

Para la sección Registro y edición se trabajó la interfaz en dos partes, al lado izquierdo, se presentan una descripción e indicaciones sobre esta página, en la parte inferior se presenta un control de secciones para ver dos vistas, donde se presentan los listados de formularios a los que se puede acceder para diligenciar nuevos registros o editarlos. En el lado derecho esta el mapa donde se pueden ver a los pacientes que hay registrados actualmente en el sistema, en este se incluyeron filtros de búsqueda en las diferentes categorías de información para buscar pacientes, además, se incluyó una ventana emergente donde se puede visualizar las tablas de atributos, filtrada de acuerdo al paciente que se haya buscado antes. En la figura 32 se observa la interfaz de Experience Builder con parte de los elementos utilizados para desarrollar la página Registro y edición.

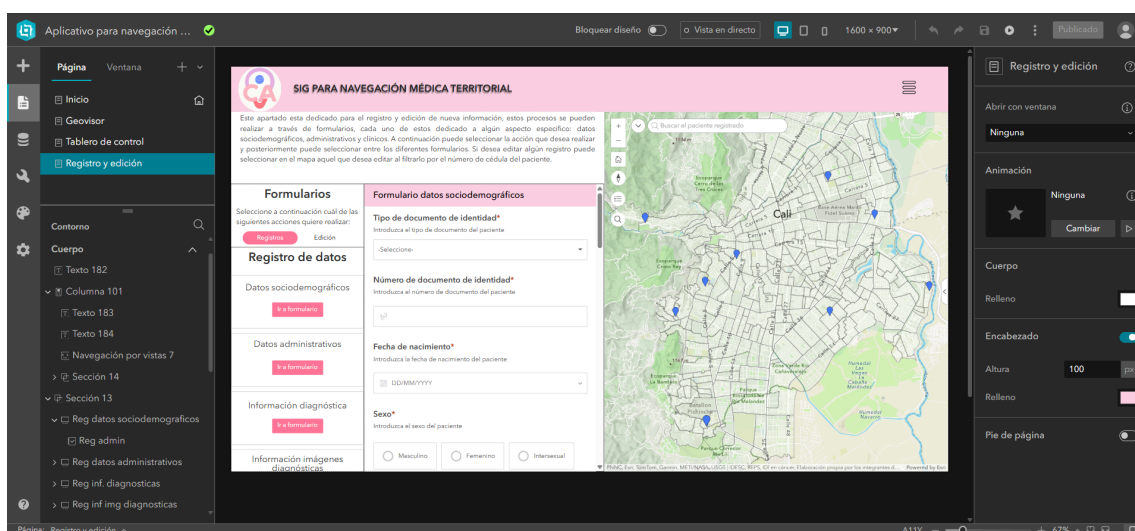


Figura 32. Interfaz de desarrollo página Registro y edición, Experience Builder. Fuente propia.

7.3.3. Implementación y funcionalidad del sistema

Dentro de la página *Inicio* se presenta una visión general del proyecto a través de las problemáticas identificadas y la forma en que el desarrollo de un SIG puede contribuir como una herramienta de utilidad ante ellas; se presentan enlaces que redirigen a las otras 3 páginas del sitio, documentos técnicos de soporte como los manuales de uso y el documento del proyecto. En la figura 33 se presenta la sección con la imagen de introducción a la página principal del sistema, subsistemas y la justificación, mientras que en la figura 34 se presentan las secciones de las problemáticas identificadas y de documentación técnica de soporte.



Figura 33. Imagen de introducción, subsistemas y justificación de realizar un SIG, Sitio publicado. Fuente propia.

¿Qué problemática se ha identificado?



Segmentación geográfica

Estudios han identificado que los centros de atención, y en especial aquellos que ofrecen atención oncológica, tienden a concentrarse en los cascos urbanos de las ciudades, en el caso de Santiago de Cali, ubicándose hacia la zona centro-sur. Esta situación marginaliza a las personas que viven en partes alejadas de este sitio, o que incluso puede que vivan en otras ciudades.

Imagen tomada de: <https://www.zenvia.com/es/blog/segmentacion-geografica/>

Segmentación geográfica

Fragmentación de servicios e información

Determinantes sociales de la salud

Documentación técnica de soporte

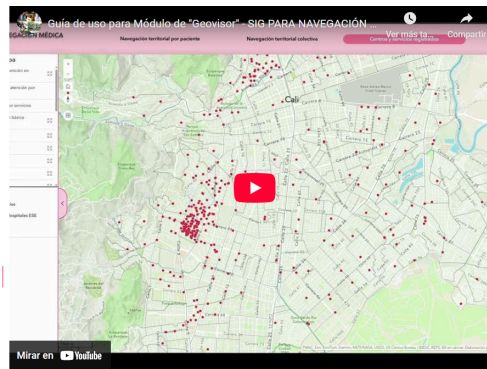
A continuación se puede encontrar documentación técnica adicional entre la que se encuentran guías de uso sobre el manejo de las partes del sistema, el manual de uso del sistema que detalla las funcionalidades y documentación adicional que soporta el desarrollo del proyecto.

Guía de uso geovisor

Guía de uso tablero de control

Guía de uso registro y edición

Manual de uso del sistema





¿Quiénes somos?

Información de contacto

Programa Académico de Ingeniería Topográfica
Escuela de Ingeniería Civil y Geomática
Escuela de salud pública
Universidad del Valle

Figura 34. Problemáticas identificadas y documentación técnica de soporte, Sitio publicado. Fuente propia.

En la figura 35 se presenta la ventana ¿Quiénes somos? y en la figura 36 se observa la ventana correspondiente a la ventana Información de contacto.

Documentación técnica de soporte

A continuación se puede encontrar documentación técnica adicional entre la que se encuentran guías de uso sobre el manejo de las partes del sistema, el manual de uso del sistema que detalla las funcionalidades y documentación adicional que soporta el desarrollo del proyecto.

Guía de uso geovisor

Guía de uso tablero de control

Guía de uso registro y edición

Manual de uso del sistema



¿Quiénes somos?

Somos Nicolas Mera Llanos (primero a la izq. en la foto) y Juan Pablo Muñoz Acosta (segundo desde la der. en la foto). Somos estudiantes de la Universidad del Valle, el presente aplicativo se ha desarrollado en el marco de de nuestro de grado para optar al título de Ingenieros topográficos.

Durante el desarrollo de este proyecto nos ha acompañado como director el prof. Robin Alexis Olaya (segundo desde la izq. en la foto) de la Escuela de Ingeniería Civil y Geomática, como codirectora la prof. María Fernanda Tobar Blandón (primera desde la der. en la foto) de la escuela de salud pública y Lider del grupo IDI en cáncer, y como asesor el prof. Jorae Galleo Méndez de la Escuela de Ingeniería Civil y Geomática.



Programa Académico de Ingeniería Topográfica
Escuela de Ingeniería Civil y Geomática
Escuela de salud pública
Universidad del Valle

Figura 35. ¿Quiénes somos?, Sitio publicado. Fuente propia.

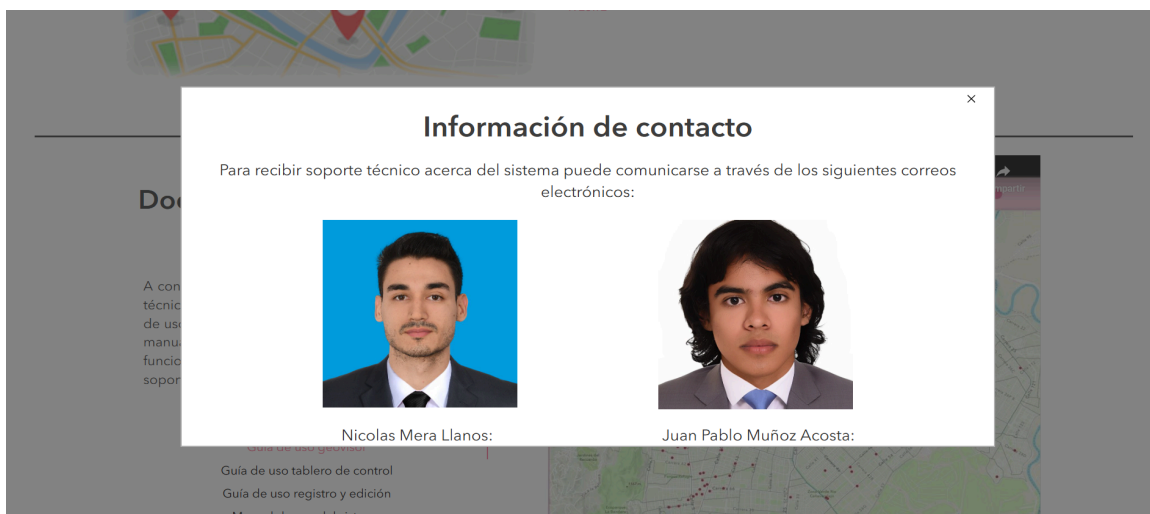


Figura 36. Información de contacto, Sitio publicado. Fuente propia.

La segunda página del sitio corresponde a Geovisor; donde se implementaron tres módulos funcionales: Navegación territorial por paciente, Navegación territorial colectiva y Centros y servicios de registrados; cada uno de estos incluye un mapa realizado exclusivamente para cada uno de ellos, con capas e interacciones diseñadas para responder a diferentes necesidades del sistema, conservando una simbología similar entre ellos para coherencia en la página.

El primer geovisor se enfoca en una navegación que permite consultar casos individuales a partir de la cédula como variable principal, la búsqueda de esta presenta la localización e información social y clínica del paciente a través de tablas; y activando las capas complementarias de centros cercanos al paciente y los filtros específicos del mismo permiten identificar los centros de atención más cercanos para cada etapa del proceso asistencial, según la estructura de la RIAS para cáncer de mama. En la figura 37 se puede visualizar el módulo de Navegación territorial por paciente, dentro de la página Geovisor.

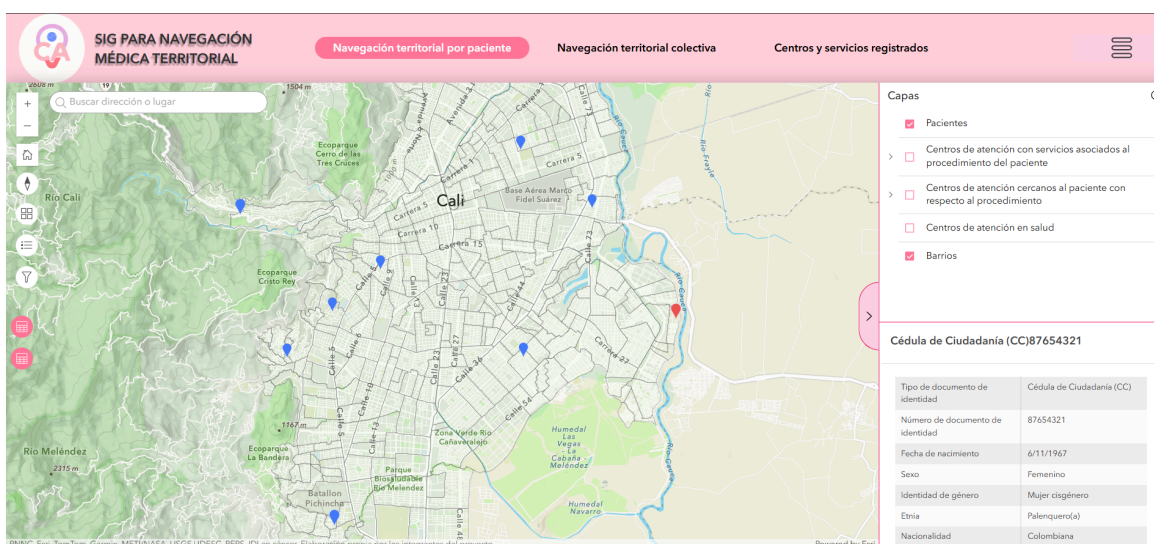


Figura 37. Módulo de Navegación territorial por paciente, página Geovisor. Sitio publicado. Fuente propia.

El segundo módulo de la página Geovisor se enfoca en presentar información colectiva de los pacientes, por medio de filtros relacionados con variables sociodemográficas (sexo, etnia, estado civil, nivel educativo, edad, entre otras), clínicas (clasificación de riesgo, imágenes diagnósticas, estadios TNM) y administrativas (EPS, régimen de afiliación, estados de seguimiento y cumplimiento del tratamiento) permitiendo analizar por ejemplo, grupos con mayor vulnerabilidad territorial, social o clínica. En la figura 38 se puede visualizar el módulo de Navegación territorial colectiva, dentro de la página Geovisor.

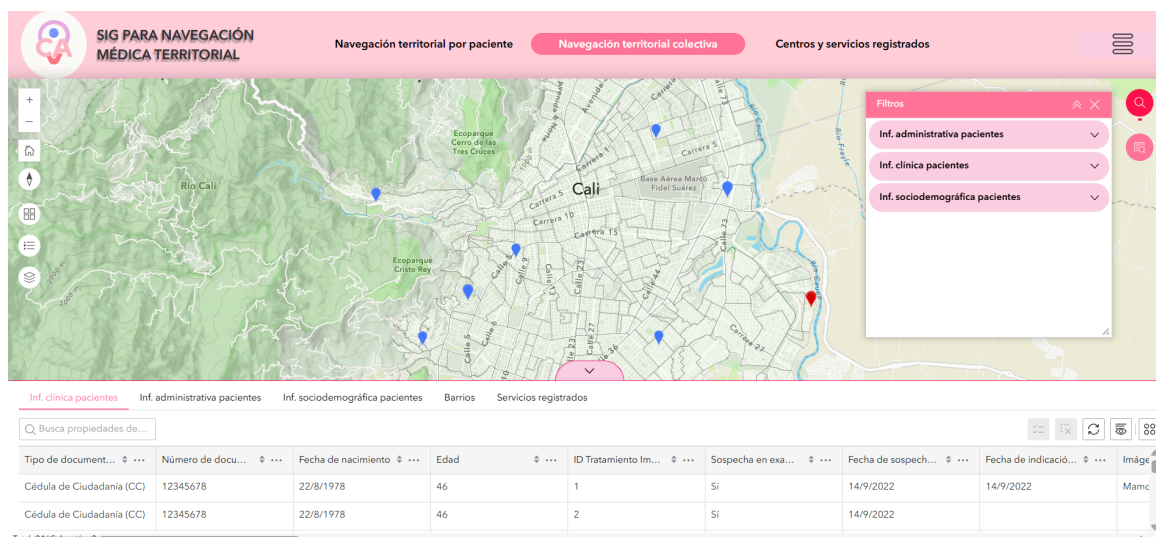


Figura 38. Módulo de Navegación territorial colectiva, página Geovisor, Sitio publicado. Fuente propia.

Complementando lo anterior se tienen filtros para seleccionar pacientes por número de documento, centros de atención por nombre, barrios por nombre y comunas por número. A pesar de que esta herramienta está más enfocada a análisis colectivos se incluyeron filtros específicos para que los usuarios realicen consultas inmediatas dentro del mapa, sin embargo, esta herramienta se enfocó en la representación de variables vinculadas al proceso de atención, enlazadas tanto con los centros de atención como con los pacientes.

El tercer módulo de la página Geovisor se enfoca en la información sobre los centros de atención y los servicios de salud que estos proporcionan, incluyendo mapas de concentración por tipo de servicio, capas específicas para cada etapa de atención según la RIAS, y filtros por naturaleza jurídica, nivel de complejidad y entidad administradora (ESE). Además, cuenta con un filtro espacial por barrio, que permite consultar los centros disponibles dentro del área seleccionada, facilitando la identificación de zonas con mayor oferta o vacíos en la prestación de servicios. En la figura 39 se puede visualizar el módulo de Centros y servicios registrados, dentro de la página Geovisor.

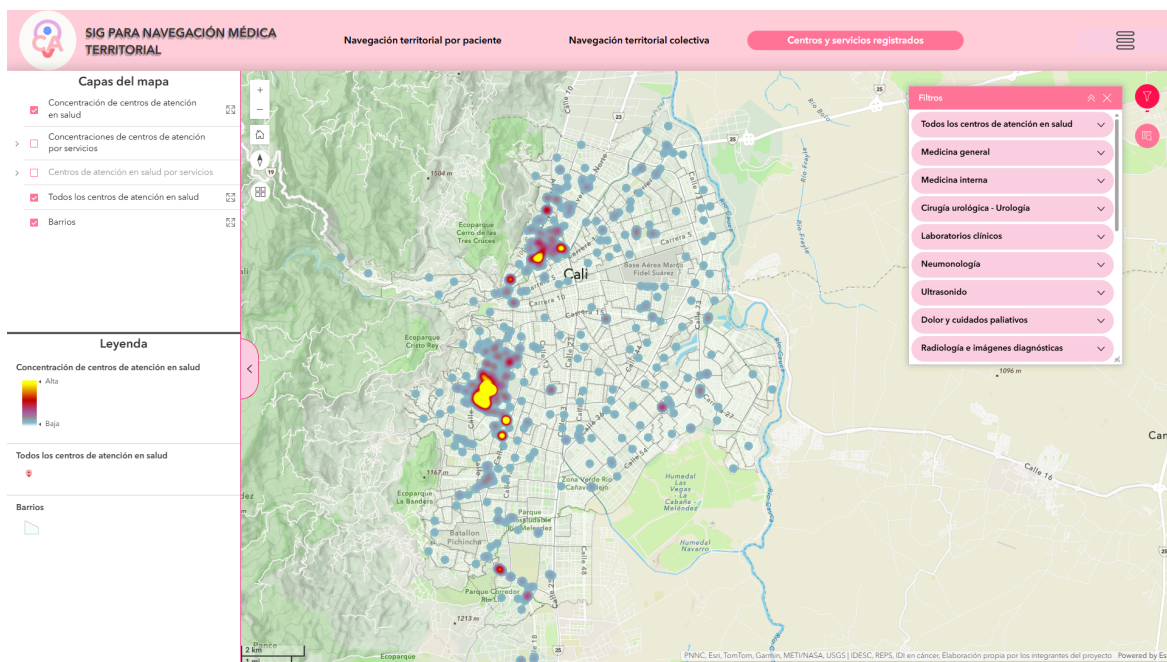


Figura 39. Módulo de Centros y servicios registrados, página Geovisor, Sitio publicado. Fuente propia.

La tercera página del sitio es *Tablero de control*, dentro de esta página se conectó el tablero de control que se desarrolló previamente desde la aplicación Dashboards, esto se realizó por aparte debido a la mayor disponibilidad de herramientas que posee Dashboards para mostrar información de las capas a comparación de Experience Builder.

El tablero de control está compuesto por varios elementos, contiene gráficos de torta para conocer el porcentaje de pacientes de acuerdo a su estado de salud avance en el tratamiento o seguimiento respecto a la realización del mismo; contadores para observar el número de entidades en el mapa (pacientes y centros de atención). Adicionalmente se incluyen gráficos de barras para identificar distribución de pacientes por atributos como: estrato, etnia, nivel de formación, EPS, clasificación BIRADS y estadio pronóstico; lo mismo se puede realizar con los centros de atención con atributos como: ESE, Naturaleza y servicios que prestan.

Se destaca que los elementos mencionados anteriormente se actualizan dinámicamente conforme cambia el nivel de acercamiento o desplazamiento en el mapa. En la figura 40 se puede visualizar el tablero de control acoplado dentro del sitio.

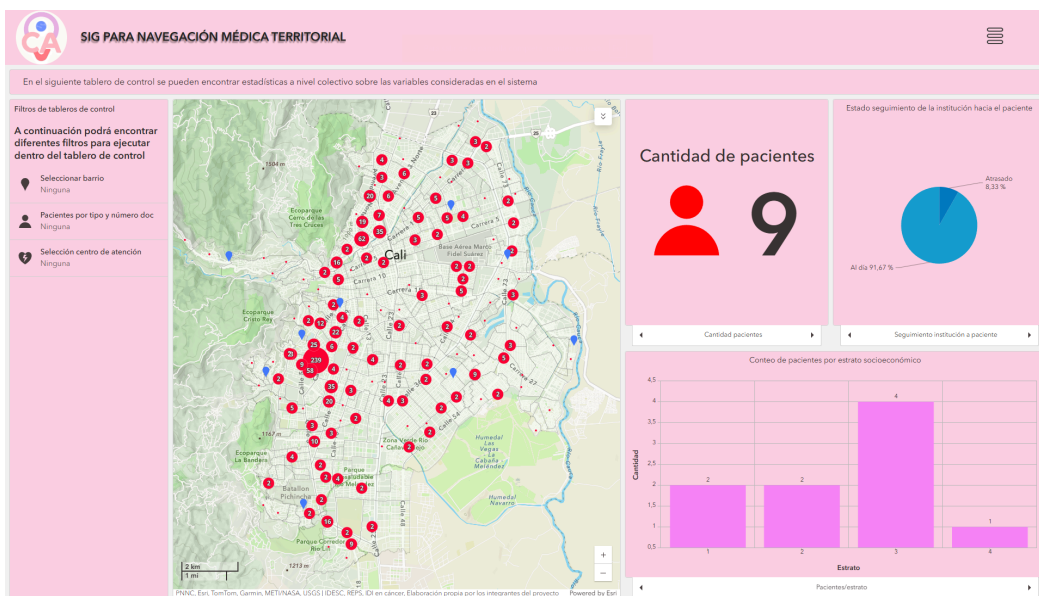


Figura 40. Módulo Tablero de control, Sitio publicado. Fuente propia.

La cuarta página del sitio es *Registro y edición*, dentro de esta se incluyeron los formularios que se realizaron previamente, aquí se establecieron secciones por separado tanto para registrar como para editar información, además de incluir un mapa para visualizar a pacientes y una ventana emergente con la información a editar de estos, de forma que el usuario pueda realizar un filtro para conocer la información almacenada de algún paciente en específico y pueda seleccionarlo a través de hacer click en el mapa o con alguna búsqueda que haya realizado. Al tener activo alguno de los formularios de edición o haber seleccionado algún registro específico, el usuario podrá editar la información del paciente correspondiente al registro que seleccionó. En la figura 41 se puede visualizar el módulo de Registro y edición desarrollado.

Figura 41. Módulo de Registro y edición de información de pacientes, página Geovisor, Sitio publicado. Fuente propia.

Posterior al desarrollo funcional del sistema se realizó la implementación del mismo también a través de ArcGIS experience Builder, se logró la publicación de una página interactiva, accesible para el público objetivo, que integra los módulos desarrollados: geovisor, tablero de control y formularios. Como parte de los resultados orientados a la experiencia del usuario, se incluyeron recursos de apoyo como guías de uso en video que explican el uso del geovisor, el tablero de control y la carga de información mediante formularios, además de un manual de uso. Todos estos recursos están disponibles en la documentación de soporte técnico, ubicada en la página de Inicio del sistema. Solo el manual de uso se detalla en el anexo 8. Adicionalmente se diligenció el catálogo de metadatos de los elementos que intervinieron en el uso del sistema, estos se encuentran en el anexo 9.

- Enlace al sistema:
<https://experience.arcgis.com/experience/58c7c7e535a14a72985245766dd98617>
- Guías de uso en video módulo de geovisor: <https://youtu.be/zNBC5AGCsR4>
- Guías de uso en video módulo de tablero de control:
<https://youtu.be/ick-BSsRXq4>
- Guías de uso en video módulo de registro y edición de pacientes:
<https://youtu.be/grLhIKp3jHl>

8. DISCUSIONES

Del sistema desarrollado se resalta cómo se integra la información proveniente de diferentes fuentes externas (bases de datos e insumos obtenidos en mesas de trabajo) a diferentes aplicativos como: dashboards, geovisores y formularios; cada uno planteado desde un enfoque diferente, contrastando con otros sistemas que se caracterizan por estar constituidos únicamente por alguno de los componentes mencionados anteriormente, como el caso del sistema desarrollado por Kienberger et al. (2013), que consiste solamente de un dashboard, o el caso de los sistemas desarrollados por CMS OMH (2024), que también se encuentran segmentados por temática.

El diseño funcional del sistema permite visualizar pacientes según su proceso clínico y ubicación territorial, siendo una herramienta útil para identificar rezagos en etapas específicas del tratamiento y tomar decisiones informadas sobre intervenciones necesarias, al contrastar esta información con variables como la EPS o la comuna de residencia, el sistema contribuye a focalizar acciones y recursos partiendo de una perspectiva territorial, fortaleciendo así la eficiencia del acompañamiento médico, en línea con lo planteado por White-Means y Muruako (2023), quienes resaltan la utilidad de herramientas geoespaciales para reducir brechas en la atención.

Aplicándose, por ejemplo, al detectar una concentración territorial de pacientes sin procedimientos clave (como una biopsia confirmatoria), y se puede identificar rápidamente en qué comunas ocurre, revisar cada caso desde la navegación individual y decidir acciones correctivas en terreno. Así, el SIG no solo cumple con funciones establecidas si no que provee información que sirve de soporte para que el navegador actúe con mayor precisión y oportunidad, siguiendo el enfoque propuesto por MinSalud (2016), desde la adaptación de la RIAS para cáncer de mama, y concordando con lo descrito por Bell et al. (2006) y Ford et al. (2019) sobre la importancia de seguir las regulaciones establecidas, como la segmentación de la atención según etapas clínicas para facilitar intervenciones colectivas de forma focalizada.

En proyectos similares como los de Joshua et al. (2017) y Sasmito y Ratono (2023) se ha identificado que la unidad territorial mínima de medida es en localidades/comunas y a nivel de hogares, sin embargo, en el desarrollo del presente sistema se ha llevado esto más allá, considerando como unidad territorial mínima de medida a los pacientes, de forma individual, ya que al integrar la información a nivel individual de estos con respecto al sistema de salud y sociodemografía permite brindar una claridad respecto a la posible toma de decisiones al momento de tomar decisiones respecto al tratamiento del paciente.

Durante el desarrollo del SIG se identificaron artículos que evidencian la aplicabilidad de estas herramientas en equipos locales, como estudios que emplearon tecnologías SIG de forma para calcular indicadores relacionados a salud (Beauchamp et al., 2024) o para medir la accesibilidad a centros de atención por parte de los pacientes (Kolifarhood et al., 2015); a diferencia de estas propuestas, el sistema desarrollado se destaca no solo por la representación

espacial si no por la articulación de capas de datos clínicos con estructuras relacionales y el diseño de módulos funcionales e interfaces visualmente amigables, orientados de acuerdo al flujo de trabajo que los navegadores médicos podrían seguir dentro de un entorno web.

Dado que el sistema desarrollado emplea información de diferentes fuentes, tales como: el REPS, la IDESC e insumos obtenidos a partir de las mesas de trabajo; donde se observar que desarrollar este tipo de sistemas reduce la fragmentación en las fuentes de datos que Bernal-Acevedo y Forero-Camacho, (2011) y Noguera et al. (2021) exponen a su vez que a través de diferentes procesos se puede homogeneizar la información para realizar diferentes tipos de análisis.

Toda la información recolectada y las funciones que se implementaron en el sistema se sustentaron a partir de las variables identificadas, haciendo énfasis en aquellas correspondientes a los determinantes sociales de salud, en donde estudios como los de Clark et al. (2009), Hendren et al. (2010, 2011), McCloskey (2009), Tejeda et al. (2013) y entre otros, ayudaron a formar el esquema para abordar la problemática planteada, en aspectos como la unidad de análisis y la agrupación de información.

De acuerdo a la literatura consultada la navegación médica ha demostrado ser una estrategia eficaz para mejorar la experiencia de los pacientes en sistemas de salud, especialmente en contextos como el oncológico, donde el acompañamiento continuo y la reducción de barreras son determinantes para la adherencia al tratamiento (Freeman y Rodriguez, 2011). Esta estrategia, aunque ha tenido una mayor trayectoria en países con políticas más robustas en salud pública, aún es incipiente en escenarios regionales y locales, donde su desarrollo enfrenta limitaciones institucionales, de formación profesional y articulación intersectorial (Carrillo-González y Moreno-Castro, 2021; Pimienta, 2023; Schwarz, 2022). Sin embargo, experiencias como el presente proyecto permiten demostrar que, con la integración de nuevas herramientas, es posible fortalecer las capacidades del profesional navegador y la calidad del acompañamiento prestado.

9. CONCLUSIONES

El desarrollo del SIG responde a la pregunta de investigación planteada para el proyecto, debido a que al implementar una herramienta de esta naturaleza podría llegar a facilitar la navegación médica al incorporar el aspecto territorial a través de la identificación espacial de cada paciente, considerando su relación con los servicios de salud disponibles en su entorno inmediato, permitiendo ubicarlo sobre el mapa y aportar una visión que integra al paciente con su entorno geográfico, lo que favorece una navegación más efectiva a lo largo de las RIAS. Estas funcionalidades resultan útiles en tareas como coordinar remisiones, visualizar la cobertura de servicios e identificar la realización de múltiples exámenes y tratamientos; permitiendo tomar decisiones informadas partiendo de visualizar a un paciente en el mapa para verificar la disponibilidad de los servicios oncológicos cercanos antes de su remisión.

El geoportal creado integra diferentes herramientas que consolidan la información proveniente de la BDG, en módulos como geovisores y un tablero de control, donde los usuarios identifican aspectos como distribución de centros de atención y servicios disponibles; además de una variedad de formularios que a través de ellos los usuarios pueden visualizar información, aplicar filtros, registrar y actualizar datos categorizados según las variables. Esto brinda la oportunidad de considerar dichos datos al momento de planificar la ruta de atención del paciente, no solamente dentro del servicio de atención de forma institucional, si no también territorialmente a cada centro de atención.

El desarrollo del sistema representa un recurso estratégico para los navegadores de pacientes con cáncer de mama, al brindarles acceso a información estructurada sobre el estado clínico y el contexto territorial de cada caso, lo que permite anticipar factores que pueden afectar la continuidad del tratamiento, como barreras de acceso o rezagos en la atención, facilitando decisiones más informadas en el acompañamiento. Además, la colaboración con profesionales de la IDI en cáncer aportó un marco clínico y operativo que guió la definición de variables claves y el diseño del sistema según las etapas del proceso asistencial.

La implementación de los diferentes componentes del sistema dentro del mismo ecosistema de desarrollo permite tener una administración ordenada de la información, lo que a su vez facilita su interoperabilidad con otros sistemas de información desarrollados en el mismo contexto, ya que cada componente puede exportarse o integrarse según necesidades específicas, adaptándose a la información necesaria. Esta estructura técnica ofrece una base sólida para escalar el modelo a otros tipos de cáncer o enfermedades crónicas que requieren navegación, permitiendo una evolución del sistema sin comprometer su cohesión interna.

En el desarrollo de la metodología se identificaron variables que se han considerado en otros estudios médicos y sobre desarrollo de otros sistemas afines a esta temática, que permitieron tener en perspectiva la información relevante a considerar para ejecutar un SIG para navegación médica territorial, lo que favoreció la adaptación metodológica y espacial de la RIAS para pacientes

con cáncer de mama, destacando que la lógica que se refleja a partir de la adaptación realizada, logra representar la dinámica de las entidades que intervienen en el sistema de salud, influyendo no solamente en la selección de variables para el sistema si no también en la estructura de la base de datos y el planteamiento funcional del sistema. Lo anterior lleva a razonar que la consideración de las políticas de salud pública en proyectos afines a esta temática permite traducir estrategias de gobernanza abstractas a medios representativos y funcionales que les sirvan de complemento.

La asociación del territorio con la información médica posibilita que la navegación médica se traduzca en una navegación territorial, donde a través de la información de los servicios habilitados en los diferentes centros de atención se puede llegar a relacionar en el sistema el servicio por el que un paciente ha asistido a alguno de los centros anteriormente, además de aquellos que podrían ser los siguientes atendidos, de acuerdo a su condición clínica, de forma que el componente espacial no se limita únicamente a ubicar infraestructura y a los pacientes, sino que articula geográficamente las fases del proceso asistencial, permitiendo evaluar el acceso, la cobertura y la oportunidad en la atención.

Este trabajo se desarrolló hasta la etapa de implementación del sistema, pero en futuras investigaciones se podrían contemplar estrategias de mantenimiento, actualización, mejoramiento y optimización de los componentes operativos del mismo. Sin embargo, el componente de mantenimiento de datos se incluyó a través de los formularios de registro, por lo que en futuras investigaciones se podría expandir este apartado considerando una conexión directa entre la BDG y el sistema.

Aunque el sistema permite realizar análisis espaciales y generar inferencias estadísticas a partir de los datos clínicos, en este caso se utilizaron datos de pacientes simulados, por lo que no reflejan condiciones reales, no obstante, en una implementación comercial que considere datos de pacientes reales, los módulos del sistema conservarían su utilidad operativa y analítica al igual que con los datos simulados sin requerir modificaciones significativas.

Se reconocen barreras para el acceso a la atención, como tiempos y distancias de viaje, dificultades de desplazamiento y accesibilidad a centros de atención, no abordadas porque se prescindió de elementos como indicadores de accesibilidad territorial, condiciones topográficas y conectividad del transporte. Esto obedeció al alcance inicial, centrado en integrar estrategias de gobernanza como la RIAS a contextos espaciales, no obstante, en futuras investigaciones podrían abordarse.

Por otro lado, se destaca la limitación de la arquitectura del sistema entre la BDG y el sistema derivada del alcance funcional que brindó la licencia educativa, aunque no se logró mantener la integridad técnica del sistema esperada, a través de la conexión directa de la BDG desarrollada localmente con ArcGIS online, se reconoció las funcionalidades que el entorno de trabajo ofrece dentro de proyectos relacionados a navegación médica, abriendo posibilidades de ampliación, como la incorporación de nuevos formularios en línea, monitoreo automatizado de casos y una mayor trazabilidad de la atención médica.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Adobe. (2025). A guide to color meaning: How color impacts design and emotions. <https://www.adobe.com/creativecloud/design/discover/color-meaning.html>
- Adu, A. (2022). Mapping Health Information System For Breast Cancer Patients Through An Epidemiological Study At The Prof.W.Z. Johannes General Hospital And Its Distribution In East Nusa Tenggara Province, Indonesia. *Journal of Health and Behavioral Science*, 4(1), 17-28. <https://doi.org/10.35508/jhbs.v4i1.6558>.
- Aibar, L., Santalla, A., López-Criado, M. S., González-Pérez, I., Calderón, M. A., Gallo, J. L., y Fernández-Parra, J. (2011). Clasificación radiológica y manejo de las lesiones mamarias. *Clinica e Investigacion En Ginecologia y Obstetricia*, 38(4), 141–149. <https://doi.org/10.1016/j.gine.2010.10.016>
- Alarcón, R. O. (1999). La teoría general de sistemas y su aplicación a los Servicios de Información Documentales. *Boletín de la ANABAD*, 49(3), 633–641.
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2020). GUÍA METODOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CATÁLOGO DE OBJETOS GEOGRÁFICOS.
- Amin, F. H., Ghaemi, M., Mostafavi, S. M., Goshayeshi, L., Rezaei, K., Vahed, M., y Kiani, B. (2021). A Geospatial database of gastric cancer patients and associated potential risk factors including lifestyle and air pollution. *BMC Research Notes*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s13104-021-05506-x>
- Arango, L. Z. (2010). El aporte de la epidemiología a la salud colectiva. *IATREIA*, 23(4), 354–361. <https://doi.org/10.17533/udea.iatreia.11141>
- Arcilla, M. J. B., Jalandoni, B. P. M., Ribon, R. V., Sansano, K. J. R., y Sarmiento, D. B. S. (2013). Breast Cancer Case Monitoring and Mapping System for Decision Support. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 4(2). <https://doi.org/10.7763/ijimt.2013.v4.404>
- Arnold, M., y Osorio, F. (1998). Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. *Cinta de Moebio*, 3, 40–49. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/304268.pdf>
- Ascuntar-Tello, J., y Jaimes, F. (2016). Ronda clínica y epidemiológica: sistemas de información geográfica (SIG) en salud. *Iatreia*. *IATREIA*, 29(1), 97–103. <https://doi.org/10.17533/udea>
- Bartlett, P. C., y Judge, L. J. (1997). The role of epidemiology in public health. *Revue Scientifique et Technique*, 16(2), 331–336. <https://doi.org/https://doi.org/10.20506/rst.16.2.1020>
- Beauchamp, A. M., Shen, G. C., Hussain, S. H., Adam, A., Highfield, L., y Zhang, K. (2024). Cultural context index: A geospatial measure of social determinants of health in the United States. *SSM - Population Health*, 25. <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2023.101591>
- Bedoya, B. A. D., y Vélez, A. M. L. (2015). PROGRAMA DE ATENCIÓN INTEGRAL A LA MUJER QUE REQUIERE CIRUGÍA MAMARIA EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO DEL VALLE SISTEMA DE NAVEGACIÓN DE PACIENTES EN EL PROGRAMMA AIMMA. Universidad del Valle.
- Bell, B. S., Hoskins, R. E., Pickle, L. W., y Wartenberg, D. (2006). Current practices in spatial analysis of cancer data: Mapping health statistics to inform policymakers and the public. *International Journal of Health Geographics*, 5. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-5-49>
- Bernal-Acevedo, O., y Forero-Camacho, J. C. (2011). Sistemas de información en el sector salud

- en Colombia. *Gerencia y Políticas En Salud*, 10(21), 85-100. <https://doi.org/10.11144/javeriana.rgsp10-21.siss>
- Berzal, F. (s.f.). El ciclo de vida de un sistema de información.
- Bocanegra, V. D. C. C., y Molina, R. D. J. T. (2021). Conocimiento de cáncer de mama y factores sociodemográficos, acceso y atención en salud en mujeres consultantes en centros oncológicos, Cartagena – Colombia. *Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde*, 15(1), 122–135. <https://doi.org/10.29397/reciis.v15i1.1957>
- Bravo, L. E. (2016). Estimación de la incidencia y mortalidad del cáncer en Colombia: ¿cuales son los mejores datos para las políticas públicas? *Colombia Médica*, 47(2), 71–73. <https://doi.org/10.25100/cm.v47i2.2381>
- Bravo, L. E., y Muñoz, N. (2018). Epidemiología del cáncer en Colombia. *Colombia Médica*, 49(1), 09–12. <https://doi.org/10.25100/cm.v49i1.3877>
- Burrough, P., y McDonnell, R. (2019). *Principles of Geographical Information Systems* Oxford University Press. Oxford , 2(1), 333-338.
- Buzai, G. D, y Montes, E. (2021). Estadística espacial: fundamentos y aplicación con sistemas de información geográfica.
- Cabo-Meseguer, A., Cerdá-Olmedo, G., y Trillo-Mata, J. L. (2019). Epidemiología y caracterización sociodemográfica de la fibromialgia en la Comunidad Valenciana. *Revista Española de Salud Pública*, 93. <https://ojs.sanidad.gob.es/index.php/resp/article/view/1148>
- Cardenas, H. (2024). Prototipo de Página Web Interactiva que Permita Combinar Principios de la Ingeniería de Sistemas con Sistemas de Información Geográfica (SIG) [Tesis de ingeniería]. Universidad EAN. <http://hdl.handle.net/10882/13303>
- Carrillo-González, G. M., y Moreno-Castro, A. (2021). El enfermero navegador: un rol innovador en oncología. Revisión de alcance. *Archivos de Medicina (Manizales)*, 21(1), 125-137. <https://doi.org/10.30554/archmed.21.1.3902.2021>
- Carroll, J. K., Humiston, S. G., Meldrum, S. C., Salamone, C. M., Jean-Pierre, P., Epstein, R. M., y Fiscella, K. (2010). Patients' experiences with navigation for cancer care. *Patient Education and Counseling*, 80(2), 241–247. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2009.10.024>
- Castaño, L., Montoya, M., y Montoya, N. (2021). Gasto de bolsillo de las familias y pacientes con cáncer, afiliados al régimen subsidiado y atendidos en el hospital Pablo Tobón Uribe durante el año 2020. Universidad de Antioquia.
- Carter, N., Valaitis, R. K., Lam, A., Feather, J., Nicholl, J., y Cleghorn, L. (2018). Navigation delivery models and roles of navigators in primary care: A scoping literature review. In *BMC Health Services Research* (Vol. 18, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12913-018-2889-0>
- Centro Nacional de Consultoría (CNC). (2022). Gran encuesta: barreras pacientes con cáncer Colombia.
- Clark, C. R., Baril, N., Kunicki, M., Johnson, N., Soukup, J., Ferguson, K., Lipsitz, S., y Bigby, J. (2009). Addressing Social Determinants of Health to Improve Access to Early Breast Cancer Detection: Results of the Boston REACH 2010 Breast and Cervical Cancer Coalition Women's Health Demonstration Project. *JOURNAL OF WOMEN'S HEALTH*, 18(5). <https://doi.org/10.1089=jwh.2008.0972>
- CMS OMH. (2024). The Mapping Medicare Disparities Tool, Technical Documentation.

- Codd, E. F. (1970). Information Retrieval A Relational Model of Data Large Shared Data Banks. *Communications of the ACM*, 13(6), 377–387. <https://doi.org/https://doi.org/10.1145/362384.362685>
- Comer, K. F., Grannis, S., Dixon, B. E., Bodenhamer, D. J., y Wiehe, S. E. (2011). Incorporating Geospatial Capacity within Clinical Data Systems to Address Social Determinants of Health. In *Public Health Reports* (Vol. 126). <https://doi.org/10.1177/00333549111260s310>
- Cuervo, L. G., Cuervo, D., Hatcher-Roberts, J., Martínez-Herrera, E., Pinilla, L. F., Piquero, F., Ospina, M. B., y Jaramillo Molina, C. (2021). Integrated knowledge translation and geospatial analysis to improve travel times to health services (accessibility) and health equity in Cali, Colombia: a proof of concept using mixed-methods research. <https://doi.org/https://doi.org/10.31237/osf.io/4atqc>
- Cuenta de Alto Costo (CAC). (2023). Situación del cáncer en la población adulta atendida en el SGSSS de Colombia 2022.
- Davis, V. H., Rodger, L., y Pinto, A. D. (2023). Collection and Use of Social Determinants of Health Data in Inpatient General Internal Medicine Wards: A Scoping Review. In *Journal of General Internal Medicine* (Vol. 38, Issue 2, pp. 480–489). Springer. <https://doi.org/10.1007/s11606-022-07937-z>
- Delgado, L., Fresco, R., Santander, G., Aguiar, S., Camejo, N., Ferrero, L., González, V., Heinzen, S., Martínez, A., Mauriz, S., Meyer, C., Sena, G., Spera, G., Ubillos, L., Xavier, F., Deneo, H., Aghazarian, M., Rodríguez, R., y Sabini, G. (2010). Expresión tumoral de HER-2, receptores de estrógenos y de progesterona y su relación con características clínico-patológicas en pacientes uruguayas con cáncer de mama. *Rev Med Urug*, 26, 145–153. <https://doaj.org/article/3e439f78bd1848d48cbfb9c93d4e8a62>
- Duarte, C., Salazar, A., Strasser-Weippl, K., de Vries, E., Wiesner, C., Arango-Gutiérrez, A., Krush, L., y Goss, P. E. (2021). Breast cancer in Colombia: a growing challenge for the healthcare system. *Breast Cancer Research and Treatment*, 186(1), 15–24. <https://doi.org/10.1007/s10549-020-06091-6>
- Durán, A. M. P., Hurtado, D. G., Ortiz, M. a. Q., Abi-Saab, L. H. G., Morales, X. B., Castillo, J. O. S., Maya, R. B., Mejía, F. C., Mosquera, C. L., Mora, M. G., Aristizabal, J. Á., Lozano, I. F. M., Andrade, E. a. R., Duarte-Torres, C. A., y Casas, S. E. D. (2023). Estudios de extensión para la estadificación del cáncer de mama infiltrante. Revisión de la evidencia y abordaje terapéutico en el Instituto Nacional de Cancerología - Colombia. *Revista Colombiana De Cancerología*, 27(Supl. 1), 6–15. <https://doi.org/10.35509/01239015.867>
- Faundeen, J. L., Burley, T. E., Carlino, J. A., Govoni, D. L., Henkel, H. S., Holl, S. L., Hutchison, V. B., Martín, E., Montgomery, E. T., Ladino, C. C., Tessler, S., y Zolly, L. S. (2014). The United States Geological Survey Science Data Lifecycle Model (Open-File Report). <https://doi.org/10.3133/ofr20131265>
- Faundeen, J. L., y Hutchison, V. B. (2017). The Evolution, Approval and Implementation of the U.S. Geological Survey Science Data Lifecycle Model. *Journal of EScience Librarianship*, 6(2), e1117. <https://doi.org/10.7191/jeslib.2017.1117>
- Fernández, J. C., Conejo, G., y Rodríguez, E. (2009). *Introducción a los Sistemas de Información Geográficos en Salud* (ASOLES, Ed.).
- Firouraghi, N., Bagheri, N., Kiani, F., Goshayeshi, L., Ghayour-Mobarhan, M., Kimiafar, K., Eslami, S., y Kiani, B. (2020). A spatial database of colorectal cancer patients and potential nutritional risk factors in an urban area in the Middle East. *BMC Research Notes*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s13104-020-05310-z>

- Ford, M., Camp, J., Geiger, T., y Hopkins, M. (2019). Evaluación de patrones de derivación de cáncer colorrectal hereditario a un centro de atención terciaria: un enfoque novedoso que utiliza el mapeo del sistema de información geográfica. *Enfermedades del colon y el recto*, 62(7), 840–848. <https://doi.org/https://doi.org/10.1097/DCR.0000000000001398>
- Franco-Giraldo, Á. (2022). La salud pública en Colombia (1991-2021). Promoción de la salud y prevención: una revisión. *Revista de Salud Pública*, 24(1), 1–10. <https://doi.org/10.15446/RSAP.V24N1.103378>
- Freeman, H. P., y Rodriguez, R. L. (2011). History and principles of patient navigation. *Cancer*, 117(SUPPL. 15), 3537–3540. <https://doi.org/10.1002/cncr.26262>
- García, L. S., Bravo, L. E., Collazos, P., Ramírez, O., Carrascal, E., Nuñez, M., Portilla, N., y Millan, E. (2018). Métodos del Registro de Cáncer en Cali, Colombia. *Colombia Médica*, 49(1), 109–120. <https://doi.org/10.25100/cm.v49i1.3853>
- García-Ubaque, J. C., y Quintero-Matallana, C. S. (2008, September 3). Barreras Geográficas y Económicas para el Acceso a los Servicios Oncológicos del Instituto Nacional de Cancerología en Bogotá. *Rev. Salud pública*, 10(4), 583–592. <https://doi.org/10.1590/s0124-00642008000400008>
- Gómez, H. A. (2019). Prefacio ¿Qué es la Salud Pública? *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 37(1). <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v37n1a02>
- González, A., y Lema, H. (2015). Sistema de información geográfica para el monitoreo de la calidad del agua potable en Pereira [Trabajo de grado de especialización]. Universidad de Manizales. https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/2483/Herman_Lema_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- González, J. (2022). De la topología a la geometría: implementación de mapas mentales a los Sistemas de Información Geográfica. *Cuadernos Geográficos*, 61(2), 88–107. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v61i2.22859>
- Griese, L., Berens, E. M., Nowak, P., Pelikan, J. M., y Schaeffer, D. (2020). Challenges in navigating the health care system: Development of an instrument measuring navigation health literacy. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(16), 1–17. <https://doi.org/10.3390/ijerph17165731>
- GW Cancer Center. (2022). Guía Para los Navegadores de Pacientes Un suplemento para los Navegadores de Pacientes Oncológicos: Los Fundamentos.
- Huawei Technologies Co., Ltd. (Ed.). (2023). Database Design Fundamentals. In *Database Principles and Technologies – Based on Huawei GaussDB* (pp. 245–285). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-3032-4_7
- Hendren, S., Griggs, J. J., Epstein, R. M., Humiston, S., Rousseau, S., Jean-Pierre, P., Carroll, J., Yosha, A. M., Loader, S., y Fiscella, K. (2010). Study Protocol: A randomized controlled trial of patient navigation-activation to reduce cancer health disparities. *BMC Cancer*, 10. <https://doi.org/10.1186/1471-2407-10-551>
- Hendren, S., Chin, N., Fisher, S., Winters, P., Griggs, J., Mohile, S., y Fiscella, K. (2011). Patients' Barriers to Receipt of Cancer Care, and Factors Associated with Needing More Assistance from a Patient Navigator. *Journal of the National Medical Association*, 8(103), 701–710. [https://doi.org/10.1016/s0027-9684\(15\)30409-0](https://doi.org/10.1016/s0027-9684(15)30409-0)
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). (2020). ABC Nueva proyección cartográfica para Colombia <<Origen Nacional>>.

<https://origen.igac.gov.co/documentos.html>

- Instituto Nacional de Cancerología (INC). (2023). Situación Epidemiológica Incidencia, mortalidad y prevalencia de cáncer en Colombia 2012 - 2016.
- Instituto Nacional de Cancerología (INC). (s.f.). Página oficial del Instituto Nacional de Cancerología de Colombia. <https://www.cancer.gov.co/index.php?idcategoria=65706>
- Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA). (2019). A situação do câncer de mama no Brasil: síntese de dados dos sistemas de informação.
- Instituto Nacional del Cáncer Argentina (INC-Argentina). (2019). Protocolo para implementar la Estrategia Navegadoras en Contexto Programático.
- Instituto Nacional del Cáncer Argentina (INC-Argentina). (2023). I Seminario Internacional de Navegación Programática en Cáncer [YouTube Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=ehezdtikeoY>
- Instituto Nacional de Salud (INS) y Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (MinSalud). (2023). Protocolo de vigilancia de cáncer de mama y cuello uterino. <https://doi.org/https://doi.org/10.33610/infoeventos.51>
- Jiménez, A. M. (2015). Sociedad de la geoinformación y conducta espacial del ciudadano como nuevos desafíos para la Geografía. *Polígonos Revista de Geografía*, 27, 25. <https://doi.org/10.18002/pol.v0i27.3275>
- Kienberger, S., Hagenlocher, M., Delmelle, E., y Casas, I. (2013). A WebGIS tool for visualizing and exploring socioeconomic vulnerability to dengue fever in Cali, Colombia. *Geospatial Health*, 8(1), 313–316. <http://www.geospatialhealth.unina.it/vHealth/gh-v8i1-kienberger-01>
- Kirst, M., Shankardass, K., Bomze, S., Lofters, A., y Quiñonez, C. (2013). Sociodemographic data collection for health equity measurement: A mixed methods study examining public opinions. *International Journal for Equity in Health*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/1475-9276-12-75>
- Kolifarhood, G., Khorasani-Zavareh, D., Salarilak, S., Shoghli, A., y Khosravi, N. (2015). Spatial and non-spatial determinants of successful tuberculosis treatment outcomes: An implication of Geographical Information Systems in health policy-making in a developing country. *Journal of Epidemiology and Global Health*, 5(3), 221–230. <https://doi.org/10.1016/j.jegh.2014.11.001>
- Lara-Tamburrino, M. del C., Tapia-Vega, A. X., y Quiróz-Rojas, L. Y. (2013). Integración de la imagen en la patología mamaria. *Gaceta Mexicana de Oncología*, 12(2), 116–123. www.elsevier.es
- Machado A, J. E. (2001). La epidemiología y la salud pública. *REVISTA MÉDICA DE RISARALDA*, 7(1). <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5030443.pdf>
- Matassini-Eyzaguirre, S. M., y Figueroa-Montes, L. E. (2021). Patient navigation in women with suspected breast cancer: A qualitative study in Lima, Peru. *Revista Del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo*, 14(4), 452–458. <https://doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2021.144.1320>
- Méndez, J. G., García-Moreno, L. M., Murillo-Hoyos, J., y Jaramillo Molina, C. (2023). Social Inequality in Popular Neighborhoods: A Pre- and Post-Pandemic Perspective from Joint Accessibility. *Sustainability*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/su151310587>
- McCloskey, J. (2009). Promotores as Partners in a Community-based Diabetes Intervention

- Program Targeting Hispanics. *Fam Community Health*, 32(1), 48–57.
<https://doi.org/10.1097/01.fch.0000342816.87767.e6>
- Mériade, L., y Rochette, C. (2021). Integrated care pathway for breast cancer: A relational and geographical approach. *Social Science and Medicine*, 270.
<https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2020.113658>
- Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (MinSalud). (2016). RESOLUCIÓN NÚMERO 3202 DE 2016. Por la cual se adopta el Manual Metodológico para la elaboración e implementación de las Rutas Integrales de Atención en Salud — RIAS, se adopta un grupo de Rutas Integrales de Atención en Salud desarrolladas por el Ministerio de Salud y Protección Social dentro de la Política de Atención Integral en Salud —PAIS y se dictan otras disposiciones.
https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%203202%20de%202016.pdf
- Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (MinSalud). (2019). RESOLUCIÓN NÚMERO 3100 DE 2019. Por la cual se definen los procedimientos y condiciones de inscripción de los prestadores de servicios de salud y de habilitación de los servicios de salud y se adopta el Manual de Inscripción de Prestadores y Habilitación de Servicios de Salud.
https://www.minsalud.gov.co/normatividad_nuevo/resoluci%C3%B3n%20no.%203100%20de%202019.pdf
- Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (MinSalud). (2023). Ruta Integral de Atención para usuarios con presencia o riesgo de Cáncer de mama.
https://www.sispro.gov.co/observatorios/oncancer/Paginas/ruta_integral_mama.aspx
- Musa, G. J., Chiang, P. H., Sylk, T., Bavley, R., Keating, W., Lakew, B., Tsou, H. C., y Hoven, C. W. (2013). Use of GIS Mapping as a Public Health Tool—From Cholera to Cancer. In *Health Services Insights* (Vol. 6). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.4137/HSI.S10471>
- Najafabadi, A. T., y Pourhassan, M. (2011). Integrating the geographic information system into cancer research. In *Indian Journal of Cancer* (Vol. 48, Issue 1, pp. 105–109).
<https://doi.org/10.4103/0019-509X.75834>
- Noguera, J. A., Larrahondo, Y. F. C., Caicedo, A. E. M., Cuellar, G. V. O., y Aguirre, L. F. G. (2021). Sistemas de información de salud en Colombia. *Interdisciplinary Journal of Epidemiology and Public Health*, 4(1). <https://doi.org/10.18041/2665-427x/ijeph.1.7906>
- Joshua, J. W. N., Swastika, I. P. A., y Daniaty, T. O. W. (2017). E-Government Integration through Implementation of web-based GIS on Community Health monitoring in Jembrana Regency, Bali. *Procedia Computer Science*, 124, 552–559.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.12.189>
- Palacios-Espinosa, X., y Vargas-Sterling, L. P. (2012). Adherencia a la quimioterapia y radioterapia en pacientes oncológicos: una revisión de la literatura. *Psicooncología*, 8(2–3).
https://doi.org/10.5209/rev_psic.2011.v8.n2-3.37890
- Pan American Health Organization (PAHO). (1995). La detección temprana y el tamizaje en el control del cáncer. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana (OSP)*, 118(1).
<https://iris.paho.org/handle/10665.2/15623>
- Pautasso, F. F., Camargo Lobo, T., Dias Flores, C., y Aquino Caregnato, R. C. (2020). Enfermero navegador: desarrollo de un programa para Brasil. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 28, 1–14. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.3258.3275>
- Pimienta, M. D. L. H. (2023, septiembre). La Javeriana, pionera en Navegación de Pacientes, un

- rol innovador en oncología. Hoy en la Javeriana. Edición N°: 1391
<https://www.javeriana.edu.co/repositorio-hoy-en-la-javeriana/la-javeriana-pionera-en-navegacion-de-pacientes-un-rol-innovador-en-oncologia/>
- Pina, L., Apesteguía, L., de Luis, E., Sáenz Bañuelos, J., Zornoza, G., y Domínguez Cunchillos, F. (2004). Técnicas de biopsia para el diagnóstico de lesiones mamarias no palpables. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 27(3), 345–358.
<https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/27455/1/An%20Sist%20Sanit%20Navar.2004.345.pdf>
- Pinzón, C. E. R. C. (2006). Ensayo La historia clínica informatizada. Evaluación de los casos colombiano y español. *MedUNAB*, 9(1).
<https://revistas.unab.edu.co/index.php/medunab/article/view/170>
- Pfizer. (2018). Patient Navigation in Cancer Care 2.0 Guiding patients to quality outcomes.
<https://www.patientnavigation.com/general-resources>
- Ratwani, R. M., Savage, E., Will, A., Arnold, R., Khairat, S., Miller, K., Fairbanks, R. J., Hodgkins, M., y Hettinger, A. Z. (2018). A usability and safety analysis of electronic health records: A multi-center study. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 25(9), 1197–1201. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocy088>
- Rodríguez, M. (2008). Los Sistemas De Información Geográfica: Una Herramienta Para La Estratificación En Salud. *Hygeia. Revista Brasileira De Geografia Médica E Da Saúde*, 2. <https://doi.org/10.14393/Hygeia316880>
- Rodrigues, R. L., Schneider, F., Kalinke, L. P., Kempfer, S. S., y Backes, V. M. S. (2021). Clinical outcomes of patient navigation performed by nurses in the oncology setting: an integrative review. In *Revista Brasileira de Enfermagem* 74(2). Associação Brasileira de Enfermagem. <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2019-0804>
- Rosentel, K., VandeVusse, A., y Hill, B. J. (2020). Racial and Socioeconomic Inequity in the Spatial Distribution of LGBTQ Human Services: an Exploratory Analysis of LGBTQ Services in Chicago. *Sexuality Research and Social Policy*, 17(1), 87–103.
<https://doi.org/10.1007/s13178-019-0374-0>
- Rusnák, M., Rusnáková, V., y Kamto, G. (2018). RELATIONS BETWEEN EPIDEMIOLOGY AND PUBLIC HEALTH. *Scientific Journal of Polonia University*, 26(1), 125–132.
<https://doi.org/10.23856/2615>
- Sahar, L., Foster, S., Sherman, R., Henry, K., Goldberg, D., Stinchcomb, D., y Bauer, J. (2019). Ciencia GIS y cáncer: estado del arte y tendencias para la vigilancia y epidemiología del cáncer. *Cáncer*(125). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cncr.32052>
- Sasmito, G. W., y Ratono, R. (2023). WebGIS Development to Integrate, Visualize, Map, and Disseminate Population Data. <https://doi.org/10.1109/ICCoSITE57641.2023.10127778>
- Schinasi, L. H., Auchincloss, A. H., Forrest, C. B., y Roux, A. V. D. (2018). Using electronic health record data for environmental and place based population health research: a systematic review. *Annals Of Epidemiology*, 28(7), 493-502.
<https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2018.03.008>
- Schootman, M., Gomez, S. L., Henry, K. A., Paskett, E. D., Ellison, G. L., Oh, A., Taplin, S. H., Tatalovich, Z., y Berrigan, D. A. (2017). Geospatial Approaches to Cancer Control and Population Sciences. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*, 26(4), 472-475.
<https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-17-0104>
- Schwarz, P. K. N. (2022). Telemedicina y navegación de pacientes con cáncer de mama. Un

- estudio en cuatro hospitales públicos de Argentina. *Astrolabio*, 29, 92–116. <https://doi.org/10.55441/1668.7515.n29.32731>
- Siabato, W. (2018). Sobre la evolución de la información geográfica: Las bodas de oro de los sig. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 27(1), 1–9. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v27n1.69500>
- Spiro, A., Abernethy Oo, S., Marable, D., y Collins, J. P. (2012). A unique model of the community health worker: The MGH Chelsea community health improvement team. *Family and Community Health*, 35(2), 147–160. <https://doi.org/10.1097/FCH.0b013e3182465187>
- Sterling Softwares. (s.f.). Hospital Management System – Screen Shot. <https://www.sterlingsoftwares.com/hospital-management-system-screen-shot>
- Tejeda, S., Darnell, J. S., Cho, Y. I., Stolley, M. R., Markossian, T. W., y Calhoun, E. A. (2013). Patient barriers to follow-up care for breast and cervical cancer abnormalities. *Journal of Women's Health*, 22(6), 507–517. <https://doi.org/10.1089/jwh.2012.3590>
- Torres, W. E. (2015). Implementación De Un Sistema De Información Geográfica En La Unidad De Análisis Del Departamento De Seguridad De Naciones Unidas Para Colombia. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11349/3052>
- Torres, E. P. (2019). Registros de cáncer de base poblacional. *Revista Colombiana de Cancerología*, 23(2), 39–40. <https://doi.org/10.35509/01239015.57>
- Virgilsen, L. F., Møller, H., y Vedsted, P. (2019). Cancer diagnostic delays and travel distance to health services: A nationwide cohort study in Denmark. *Cancer Epidemiology*, 59, 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.canep.2019.01.018>
- Wan, Z., Wang, Y., y Deng, C. (2020). Application of GIS Spatial Analysis and Scanning Statistics in the Gynecological Cancer Clustering Pattern and Risk Screening: A Case Study in Northern Jiangxi Province, China. *Risk Management and Healthcare Policy*, 13, 1079–1093. <http://doi.org/10.2147/RMHP.S261221>
- Wang, F. (2020). Why public health needs GIS: a methodological overview. *Annals of GIS*, 26(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/19475683.2019.1702099>
- White-Means, S., y Muruako, A. (2023). GIS Mapping and Breast Cancer Health Care Access Gaps for African American Women. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(8). <https://doi.org/10.3390/ijerph20085455>
- World Health Organization (WHO). (2019, July 12). Cáncer. https://www.who.int/es/health-topics/cancer#tab=tab_3
- World Health Organization (WHO). (2024). https://gco.iarc.fr/today/en/dataviz/bars-compare-populations?mode=cancer&cancers=39&sexes=2&populations=900&group_populations=1&sort_by=value0
- World Health Organization (WHO). (2025, February 11). <https://www.who.int/activities/strengthening-medical-imaging>
- Zhang, J., Johnson, T. R., Patel, V. L., Paige, D. L., y Kubose, T. (2003). Using usability heuristics to evaluate patient safety of medical devices. *Journal of Biomedical Informatics*, 36(1–2), 23–30. [https://doi.org/10.1016/S1532-0464\(03\)00060-1](https://doi.org/10.1016/S1532-0464(03)00060-1)

ANEXOS

Anexo 1: RIAS cáncer de mama

https://drive.google.com/drive/folders/1GUFLN2ixyTuPgutrovDxGFGsJTOV957s?usp=drive_link

Anexo 2: Listado de Variables, Datos y requerimientos funcionales

https://drive.google.com/drive/folders/1qkUWpzopgWJBcO8vbtqlcUQlrL_5v6Bo?usp=sharing

Anexo 3: Modelos de Bases de Datos Geográfica

<https://drive.google.com/drive/folders/19CYu6kza0lXbjao0jNoRkbcqfRVTKi4K?usp=sharing>

Anexo 4: Catálogo de objetos geográficos

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Tlg0vrgbkuxGEGbKEjm8n_o2N8-LLXgO/edit?usp=sharing&ouid=102239051865067556365&rtpof=true&sd=true

Anexo 5: Tablas de Dominios de la BDG

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1LFc_1l_93TvwEjI146LT_s6UpnBGbu3/edit?usp=sharing&ouid=102239051865067556365&rtpof=true&sd=true

Anexo 6: Diagrama de Casos de uso

<https://drive.google.com/drive/folders/1dpZgSCj1sOiYVWm6WaAspUFTd3SfXyFi?usp=sharing>

Anexo 7: Esquemas de interfaz

<https://drive.google.com/drive/folders/1Qy-PlfeeiHVpyYnDhLbe9u44uKCsS5Bf?usp=sharing>

Anexo 8: Manual de uso del sistema

<https://drive.google.com/file/d/11WHZq7f4YVECYBZZGkpwqTO9FqB1RMIn/view?usp=sharing>

Anexo 9: Catálogo de metadatos elementos del sistema

https://drive.google.com/drive/folders/1TasDmHPwLsa_m7PbN7Fjwqw1M-2t7ay-?usp=sharing