



TECNÓLOGO EN
CARTOGRAFÍA



FACULTAD DE
CIENCIAS
UDELAR | fcien.edu.uy



FACULTAD DE
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE INGENIERÍA FACULTAD DE CIENCIAS**

**Proyecto para optar al Título de
TECNÓLOGO EN CARTOGRAFÍA**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
EN LA DIVISIÓN ADQUISICIONES Y LOGÍSTICA DE LA
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN INICIAL Y PRIMARIA
DE LA ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE EDUCACIÓN PÚBLICA**

AUTORES

**Bach. ELIZABETH FABIANA BERBERIAN BAKERDJIAN
Bach. EDUARDO FRANCISCO BIEŃKOWSKI RODRIGUEZ**

TUTOR

Ing. Agrim. HEBENOR BERMÚDEZ BANCHERO

**MONTEVIDEO, URUGUAY
2021**

PÁGINA DE APROBACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

El tribunal docente integrado por los abajo firmantes aprueba el proyecto de grado:

Título: Propuesta de un Sistema de Información Geográfica en la División Adquisiciones y Logística de la Dirección General de Educación Inicial y Primaria

**Autores: Bach. Elizabeth Fabiana Berberian Bakerdjian
Bach. Eduardo Francisco Bieñkowski Rodríguez**

Tutor: Ing. Agrim. Hebenor Bermúdez Banchero

Carrera: Tecnólogo en Cartografía.

Puntaje:

Tribunal:

Profesor.....(Nombre y firma)

Profesor.....(Nombre y firma)

Profesor.....(Nombre y firma)

Fecha:

DEDICATORIA

FABIANA:

A mi familia, la del corazón y la sanguínea, los que están y los que partieron. Quienes tuvieron la posibilidad de sobrevivir al genocidio armenio. Cuya valentía e ilusión les permitió adaptarse a una nueva realidad, desarrollándose y creando vida.

De esas familias resilientes son mis padres, YEPREM BERBERIAN y MARIA BAKERDJIAN, quienes han sembrado amor, comprensión y respeto. Siempre inculcando la importancia de ser buenas personas, íntegras y de principios. A ellos todo mi amor y agradecimiento, por la vida, por cada momento y por cada oportunidad brindada.

A mi hermana la Lic. NATALIA BERBERIAN (Mag.) la mujer más extraordinaria que conozco, a quien amo y admiro profundamente. Es fuente de inspiración, una persona con una fuerza arrolladora, amorosa y de gran sensibilidad.

A mi hermano de alma, el Lic. FERNANDO MASSA (Mag.) el hombre alegre, pacífico y virtuoso. Siempre con una buena actitud ante la vida, aporta su calma y su perspectiva racional, a quien también amo y admiro muchísimo.

A quién me robó el corazón, LUCA MASSA BERBERIAN, el futuro, esa persona encantadora y fascinante, con quien aprendo y gozo a diario. Con quien redescubrí que al decir de The Beatles, lo único que se necesita es amor, "... all you need is love..."

EDUARDO:

A mis hijos GIOVANNA y NICOLÁS, seres que amo y admiro profundamente y a quienes agradezco por ser los mejores amigos y compañeros de esta aventura que es la Vida.

A mi Mamá, que ya no está, pero que su amor vive en mí por siempre, quien fue la mejor de mis maestras y que me enseñó que el respeto y el trabajo dignifican. A mi Papá, que se fue muy joven, de quien siempre admire su inteligencia.

A mi hermana Esther, a quien amo desde que tengo uso de razón, a Ariel su esposo y a mis queridos sobrinos Mariana y Mathias.

A Manuel, quien me dio todo sin pedir nada a cambio y me vio crecer como si fuera su hijo.

AGRADECIMIENTOS

Ambos:

El agradecimiento a la Universidad de la República, a la Facultad de Ingeniería y Facultad de Ciencias por brindar la posibilidad de acceder a una educación formal de calidad.

A sus docentes, los que han entregado parte de sí en su vocación de enseñar, a las compañeras y compañeros de ambas casas de estudios, con quienes hemos compartido y disfrutado. Así como a las amigas, amigos y todas aquellas personas que han participado y colaborado en el proceso de formación.

A nuestro tutor, el Ing. Agrim. Hebenor Bermúdez Banchero por sus consejos y disposición para orientar y guiar en la mejora de este proyecto.

Al Lic. Eduardo García Teske, Secretario Docente de la Dirección General de Educación Inicial y Primaria, y al Tec. Agustín Vega, de la División Adquisiciones y Logística. Quienes fueron actores fundamentales en la autorización y colaboración permanente al momento de realizar la investigación necesaria, para la creación de este proyecto.

A nuestras familias quienes siempre han estimulado, apoyado y acompañado cada paso del viaje de la vida estudiantil.

Fabiana:

A Eduardo Bieñkowski por su generosidad, respeto y compromiso.

El presente trabajo es una muestra de su compañerismo, tenacidad y paciencia.

Eduardo:

A Fabiana Berberian, por ser una excelente persona y mucho mejor compañera, quien me dio todo su apoyo y su respeto. El presente trabajo no hubiera sido posible sin su rigurosidad y compromiso.

*“...A menos que conozcas las montañas y los bosques,
los desfiladeros y los pasos, y la condición de los pantanos,
no puedes maniobrar con una fuerza armada.*

*A menos que utilices guías locales,
no puedes aprovecharte de las ventajas del terreno...”*

SUN TZU
El Arte de la Guerra

Tabla de contenidos

PÁGINA DE APROBACIÓN	1
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	7
PALABRAS CLAVE	7
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	7
1 - INTRODUCCIÓN	8
2 - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3 - JUSTIFICACIÓN	10
4 – OBJETIVOS	10
4.1 - Objetivo General	10
4.2 - Objetivos Específicos	10
5 - MARCO TEÓRICO	11
5.1 COMPONENTES DEL SIG	11
5.2 CICLO DE VIDA DEL SIG	12
5.3 PERSISTENCIA DE DATOS GEOGRÁFICOS	14
5.4 APLICACIONES (FRONTEND EN LA WEB)	15
6 - METODOLOGÍA	15
6.1 PLANIFICACIÓN	18
6.1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
6.2 ANÁLISIS	18
6.2.1 EL PROBLEMA EN SU CONTEXTO	18
6.2.2 ACTORES Y CASOS DE USO	20
6.2.3 PROCESOS INTERNOS	22
6.2.4 INFORMACIÓN DISPONIBLE	23
6.2.5 DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN	23
6.2.6 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	25
6.3 DISEÑO	26
6.3.1 DATOS	26
6.3.1.1 Escuelas	26
6.3.1.2 Zonas de distribución	27
6.3.1.3 Inspecciones Departamentales	27
6.3.1.4 Regiones Administrativas	28
6.3.1.5 Depósitos	28
6.3.1.6 Localidades	28

6.3.1.7 Conjunto de datos de red	29
6.3.2 ENTIDADES GEOGRÁFICAS	29
6.3.3 MODELO DE DATOS	30
6.3.3.1 Modelo Conceptual	31
6.3.3.2 Modelo Lógico	33
6.3.3.3 Modelo Físico	33
6.3.4 BASE DE DATOS	34
6.4 IMPLEMENTACIÓN	36
6.4.1 SOFTWARE Y HARDWARE	36
6.4.2 CATÁLOGO DE OBJETOS	38
6.4.3 GESTIÓN DEL CAMBIO	40
6.4.3.1 Implantación	40
6.4.3.2 Prueba Piloto	43
6.4.3.3 Mantenimiento de la Información	43
6.4.3.4 Perfiles, Costos y Capacitación para la implementación del SIG	43
7 - POTENCIALIDADES DE LA HERRAMIENTA	45
7.1 CASO - ANÁLISIS DE UN NUEVO PUNTO DE ENTREGA	46
7.2 CASO - RUTAS DE ENTREGA	50
8 - PROCEDIMIENTO DE ACTUALIZACIÓN	53
9 - CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES	54
10 – REFLEXIONES	56
11 – BIBLIOGRAFÍA	57
12 – SITIOS WEB VISITADOS	57

RESUMEN

El presente trabajo, con fines puramente académicos, es un ejercicio teórico y práctico que desarrolla los conceptos de sistema de información geográfica, tales como modelado, desarrollo, implementación y ciclo de vida, aplicados en un contexto de la logística y distribución en la Dirección General de Educación Inicial y Primaria. Se exponen, en este trabajo, los conceptos teóricos contenidos en la metodología para la implementación de un Sistema de Información Geográfica y la aplicación de alguna de sus herramientas como forma de potenciar la distribución de bienes en las escuelas del sistema público.

PALABRAS CLAVE

Logística, inteligencia de ubicación, SIG, dato geográfico, base de datos.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1 - Esquema metodológico (Elaboración propia)	14
Figura 2 - Lógica del negocio - (Elaboración propia)	16
Figura 3 - Actores y Casos de uso - (Elaboración propia)	18
Figura 4 - Fase de Diseño de la Base de Datos (Elaboración propia)	27
Figura 5 - Modelo Conceptual de los datos (Elaboración propia)	28
Figura 6 - Modelo Lógico de los datos (Elaboración propia)	29
Figura 7 - Modelo físico de los datos (Elaboración propia)	30
Figura 8 - Jerarquía del Catálogo de objetos (Elaboración propia)	35
Figura 9 - Ejemplo de catálogo, Objeto Escuelas (Elaboración propia)	36
Figura 10 - Carga inicial de datos espaciales (Elaboración propia)	37
Figura 11 - Carga inicial de datos espaciales y alfanuméricos (Elaboración propia)	38
Figura 12 - Capas (vista en la herramienta)	43
Figura 13 - Paso Intermedio de análisis (Salida de mapa - Elaboración propia)	44
Figura 14 - Solución Final del análisis (Salida de mapa - Elaboración propia)	45
Figura 15 - Depósitos, escuelas y red vial. (Salida de mapa - Elaboración propia)	46
Figura 16 - Ruta calculada para la modalidad 1 (Salida de mapa - Elaboración propia)	47

1 - INTRODUCCIÓN

Para cualquier organización encargada de la logística de distribución de activos es de suma importancia el valor de rentabilidad, tanto en lo que se refiere a costos de traslado, como a los vinculados con el tiempo consumido.

El sector de logística de la Dirección General de Educación Inicial y Primaria de la Administración Nacional de Educación Pública (de ahora en más ANEP) denominada División Adquisiciones y Logística (de ahora en más DAL), no escapa a esa preocupación. Esta dependencia de la ANEP cuenta con una zonificación de distribución y una regionalización que permite la entrega de insumos con una determinada lógica. Este proyecto propone, teniendo en cuenta el número de locales escolares en dichas áreas de distribución, implementar un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permita la planificación de las entregas, de los recursos de transporte y la optimización de los recorridos, lo que impactará en una mejora del negocio.

Los Sistemas de Información Geográfica están diseñados para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar la información de manera lógica y coordinada, permitiendo relacionar un tipo de dato con una localización en el espacio geográfico.

“El uso de los Sistemas de información Geográfica se enfoca especialmente en brindar solución a problemas o preguntas sobre planificación, gestión y distribución territorial de eventos o recursos. Son utilizados en investigaciones científicas, en arqueología, estudios ambientales, cartografía, sociología, historia, marketing y logística, entre otros campos” (Chang, 2007).

Se puede entender, como un concepto estratégico o inteligente al proceso de obtención y análisis de datos en un contexto geográfico con la finalidad de generar información para la planificación, desarrollo y toma de decisiones. En la actualidad el análisis de datos masivos complementados con la tecnología de los SIG conforma un conjunto de herramientas orientadas a la visualización de datos geoespaciales que pueden adaptarse a las necesidades de cualquier proyecto.

“La inteligencia de ubicación (Location intelligence) o localización Inteligente es una disciplina que permite convertir los datos geográficos en resultados para el desarrollo útil de todo tipo de actividades, a través del enriquecimiento de estos datos, la visualización y el análisis iterativo de información”. (Acevedo, 2020).

2 - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La DAL de la Dirección General de Educación Inicial y Primaria (DGEIP) de la ANEP, es la dependencia que se encarga del aprovisionamiento, adquisición, almacenamiento y distribución de los distintos bienes materiales en la cadena de suministros entregados a las escuelas del sistema público de todo el país.

Los documentos elaborados por la DAL y los datos aportados, fueron insumos para diagnosticar la situación del sector de logística, donde se identifican elementos críticos a corregir, ejecutando acciones puntuales con el fin de mejorar la calidad del servicio. Estas acciones se deben tomar bajo la premisa de una mejora continua y la replicación de buenas prácticas con el objetivo de enfrentar situaciones en el futuro.

Existen en el servicio de distribución, según la documentación proporcionada, al menos dos factores que debilitan la gestión, uno de corte administrativo y otro de características vinculadas a lo geográfico.

Es este último, vinculado al territorio, el que desde la perspectiva teórica se debe abordar proponiendo herramientas de información geográfica. En la lógica de la distribución de la DAL, el aspecto espacial presenta restricciones que restarían fluidez y eficiencia al proceso:

- Insuficiente información geográfica estructurada en la organización. Por ejemplo, ubicación de las escuelas, puntos alternativos de entrega, identificación de patrones en la distribución.
- Carencia de herramientas que permitan analizar y retroalimentar información para la mejora continua del proceso de distribución. Esto provoca que no se pueda analizar, la reducción de costos operativos (viáticos, combustible, etc.), mejorar los tiempos de espera para la entrega de los activos a las escuelas, o la optimización de los recorridos, entre otros aspectos.
- Ubicación de los puntos de distribución. Los puntos de entrega son cuatro y se encuentran localizados en un único departamento (centralizados en Montevideo).

3 - JUSTIFICACIÓN

Teniendo presente las restricciones identificadas, se realizará una propuesta en la cual se sugerirá la aplicación de herramientas de información geográfica y ubicación inteligente. Como resultado del trabajo se espera poder transferir, para su evaluación, la metodología que permita la incorporación de conocimiento geográfico a la lógica de negocio de la DAL.

La relevancia de la implantación de un SIG, en un ámbito como el de la logística, aportará conocimiento y metodología para su aplicación en cualquier caso o condición. La propuesta de abordaje para el desarrollo e implantación del SIG en este ámbito combina dos aspectos. Por una parte, el componente teórico de las herramientas geográficas, necesarias para incorporar un sistema de información geográfica; y la implementación práctica de casos específicos, que permitan visualizar las potencialidades de la aplicación de la inteligencia de ubicación.

4 – OBJETIVOS

4.1 - Objetivo General

Proponer metodológicamente el diseño, representación, persistencia e implementación, de un Sistema de Información Geográfica en el marco de la gestión que se realiza en la DAL desde una perspectiva teórica.

4.2 - Objetivos Específicos

Como forma de alcanzar el objetivo general se consideraron cumplir los siguientes objetivos específicos.

- I** Recomendar, a partir de la teoría, una metodología que permita gestionar y almacenar la información geográfica utilizada por la DAL, para cumplir con la operativa de distribución.
- II** Simular la aplicación de herramientas de SIG, para observar las potencialidades del análisis espacial, en problemas vinculados a los cometidos de la DAL
- III** Sugerir un procedimiento para la preservación y actualización permanente de la información geográfica. Para que la misma sea reutilizada a través de mecanismos (bases de datos) que proporcionen las mismas u otras funcionalidades.

5 - MARCO TEÓRICO

“Los SIG’s son una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial, que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas complejos de planificación y gestión” (Olaya V., 2020).

Como elemento integrador de tecnologías, los SIG se han extendido en diversas disciplinas. Estas van desde herramientas de análisis en los Sistemas de Información Territorial (SIT), hasta las nuevas tecnologías emergentes como lo son el Big Data¹, el aprendizaje automático, o los análisis predictivos, los cuales, integrados a los SIG, conforman lo que se conoce como Inteligencia de Ubicación.

“El Business Intelligence (Inteligencia de negocio) y los analistas profesionales deberían agregar las capacidades de la inteligencia de localización geoespacial (GLI por sus siglas en inglés) para contestar la pregunta ¿Dónde? en todos sus proyectos”. (Pemberton Levy H., 2015)

El desarrollo de la metodología seleccionada para este trabajo, se apoya en el marco teórico determinado por los siguientes puntos: los componentes del SIG, su ciclo de vida, la persistencia de los datos, y las aplicaciones.

5.1 COMPONENTES DEL SIG

Para la implementación e implantación de los sistemas de información geográfica es necesario considerar los módulos o componentes básicos en los que se sustentan. Los mismos son definidos de forma clásica como:

- *Datos*, como insumo insoslayable y elemento que sostiene al SIG
- *Software*, herramientas en las que se apoyan los procesos de entrada, salida, almacenamiento y visualización de los datos geográficos. Actualmente se dividen en por lo menos tres tecnologías: Desktop (de escritorio), web mapping (mapas en la red) y map mobile (red de telefonía celular).
- *Hardware*, infraestructura tecnológica que soporta el software y las comunicaciones

¹ Referimos a conjuntos de datos cuyo volumen, complejidad y crecimiento no permiten, mediante las tecnologías y análisis tradicionales, como son las bases de datos relacionales y/o estadísticas convencionales, su gestión, procesamiento dentro del tiempo necesario para que sean útiles.

- *Gestión Humana*, en distintas definiciones y bibliografía son designados como actores o recursos, siendo una definición mayoritariamente adoptada, en la actualidad, la de gestión de talento humano. Capital humano que llevará adelante y promoverá el sistema de información.

Tomando la anterior definición, se considera oportuno adoptar una variante del esquema clásico propuesto en el libro *Sistemas de información Geográfica* (Olaya V., 2020)². En dicho texto el contenido del SIG presenta cinco componentes:

- **Datos.**
- **Análisis.** Métodos y procesos enfocados al análisis de los datos.
- **Visualización.** Métodos y fundamentos relacionados con la representación de los datos.
- **Tecnología.** Software y hardware SIG
- **Factor organizativo.** Engloba los elementos relativos a la coordinación entre personas, datos y tecnología; o la comunicación entre ellos.

5.2 CICLO DE VIDA DEL SIG

Las etapas en la construcción de un SIG son tan importantes como sus componentes. En el ciclo de vida todas las tareas de análisis, desarrollo e implantación están contenidas en fases concretas, que se deberán realizar de forma secuencial o consecutiva. Las fases se dividen en:

- I **Planificación:** Se corresponde con la definición del proyecto e inicio del mismo. Se pueden distinguir distintos elementos en este desarrollo:
 - a. Definición del problema
 - b. Alcance del sistema
 - c. Viabilidad
 - d. Continuidad o cancelación
 - e. Cronograma

- II **Análisis:** Se entiende como la etapa del estudio exhaustivo de la información existente, determinando el o los problemas a resolver, los requerimientos y prioridades de los usuarios, así como el estado de situación. La metodología de Análisis se detalla a continuación:
 - a. Entendiendo el problema y su entorno

² <https://volaya.github.io/libro-sig/>

- b. Análisis de requerimientos funcionales
- c. Actores
- d. Procesos internos y flujo de trabajo
- e. Análisis de la información disponible
- f. Diagnóstico de situación

III Diseño: Constituye una de las fases más importantes, en ella se define la estructura del SIG.

- a. Fuentes de los datos geográficos
- b. Identificar las entidades y/u objetos geográficos
- c. Modelo conceptual
- d. Modelo lógico (Estructura de la información)
- e. Modelo físico (Estructura de la base de datos)
- f. Definición de la Base de Datos.

IV Implementación: Se integran en esta etapa todos los recursos de la administración tanto físicos, como los de gestión humana. Las etapas más representativas de esta fase son:

- a. Adquisición de Software y Hardware
- b. Soporte para la Base de datos
- c. Catálogo de objetos
- d. Gestión del cambio (implantación, piloto, etc.)
- e. Capacitación

V Pruebas: Es la fase en la que se obtienen resultados y los mismos son evaluados desde distintas dimensiones, por ejemplo, calidad, precisión, oportunidad y coherencia con los requerimientos planificados.

VI Uso y Mantenimiento: Esta fase no suele aparecer en todas las literaturas relacionadas con el ciclo de vida del SIG, pero es importante tenerla en cuenta como la etapa en la que se analizan nuevos requerimientos de información. Los SIG, como componentes de la ciencia Geomática, planifican en esta fase los mantenimientos correctivos, reactivos o preventivos.

5.3 PERSISTENCIA DE DATOS GEOGRÁFICOS

Almacenar los datos que permitan construir la información geográfica, es una de las funciones que por definición debe ser implementada en un SIG. Para una correcta persistencia de los datos, los mismos deben ser modelados y estructurados en colecciones vinculadas.

Los procedimientos de almacenamiento deben asegurar continuidad en la actualización de la información geográfica, para que la misma sea reutilizada siempre que sea necesario.

En la actualidad se cuenta con diferentes formatos para el almacenamiento de información geográfica, los más utilizados son: Shapefiles (formato ESRI), GeoJson, KML, GML, GeoPackage, GeoTiff, o Texto separado por comas (CSV) entre otros. Existen estándares de servicios web que, si bien no son formatos, son protocolos de tratamiento de información espacial, que permiten interoperar con datos vectoriales (WFS).

El aumento de la construcción de mapas con diferentes temáticas, así como la creciente diversidad en la recolección de datos geográficos (teledetección, digitalización, sistemas globales de posicionamiento, cartografía colaborativa, IoT³, entre muchos otros), ha provocado la necesidad de almacenar y procesar grandes cantidades de datos.

Ante el requerimiento de volúmenes de almacenamiento importantes, se implementan los sistemas de gestión de base de datos (SGBD). Estos SGBD están apoyados en SQL (por sus siglas en inglés Structured Query Language), lenguaje estructurado de consultas. Entre los más utilizados se encuentran PostgreSQL, MySQL, Oracle, SQLite. Todos ellos con sus respectivos módulos de extensión espacial.

En la actualidad se utilizan, cada vez con más frecuencia, las bases de datos NoSQL⁴ donde se destaca la utilización de grandes volúmenes de información (Big Data) pero aún con algunas limitaciones en cuanto a geometrías e índices. Estas bases NoSQL, están orientadas a documentos los cuales, para el caso geográfico, suelen encontrarse en el formato GeoJSON⁵. Se destaca entre otras MongoDB⁶.

Con la evolución tecnológica hacia la Cloud Computing (computación en la nube) y las aplicaciones móviles que manejan elementos geográficos, se destaca una

³ Internet de las Cosas - IoT por sus siglas en inglés

⁴ <https://es.wikipedia.org/wiki/NoSQL>

⁵ <https://geojson.org/>

⁶ <https://www.mongodb.com/es/what-is-mongodb>

creciente confección de mapas, de diversas temáticas, a partir de geoservicios web, y más recientemente de servicios REST⁷.

5.4 APLICACIONES (FRONTEND EN LA WEB)

En los orígenes de los SIG a menudo se realizaba el desarrollo de interfaces gráficas de usuario (GUI por su sigla en inglés) conjuntamente con el desarrollo del propio sistema. En la actualidad el paradigma ha cambiado, evolucionando a aplicaciones de escritorio con capacidad de conexión a bases de datos o servicios en la nube (QGIS, ARCGIS, gvSIG, GRASS, etc).

Otra de las tecnologías emergentes que permiten la manipulación de datos geográficos lo constituye el web mapping. Esto se refiere al proceso de diseñar, aplicar, generar y visualizar datos geoespaciales y cartografía a través de la web y teniendo como herramienta fundamental el navegador web o los llamados web map frontend⁸. A modo de ejemplo se citan librerías para web mapping: Openstreetmap, OpenLayer, Leaflet, Mapbox, Turf, entre otros.

6 - METODOLOGÍA

Como fuera mencionado en el punto 5 (Marco Teórico, Ciclo de Vida), el presente trabajo se apoya en algunos de los aspectos teóricos allí desarrollados. Estos puntos han sido ajustados al contexto de estudio elegido y por lo tanto cuenta con modificaciones menores respecto de la teoría y que son desarrollados a continuación.

En toda implementación de un SIG, (según la teoría) se comienza desde la planificación. Dentro de la misma, se encuentra el estudio de viabilidad del proyecto y su alcance. De acuerdo al relevamiento realizado con el referente de la DAL, el proyecto tiene posibilidades para su implementación, ya que desde el punto de vista de la infraestructura tecnológica se cuenta con equipamiento y red de comunicaciones disponibles dentro del organismo. Por otra parte, el aspecto funcional estaría en proceso de ser cubierto por mecanismos de incorporación (llamados internos/externos) sin perjuicio de capacitar en herramientas de información geográfica al equipo de gestión de la DAL.

Es por ello que, bajo la hipótesis del desarrollo viable y limitando el alcance del proyecto al ámbito de la DAL, es que se dará como cumplida la fase de Planificación definiendo el enunciado del Problema.

⁷ Conjunto de definiciones y protocolos que se usan para diseñar e integrar el software de aplicaciones mediante servicios web llamados API-RESTfull.

⁸ Conversión de datos en una interfaz gráfica para que el usuario pueda ver e interactuar con la información de forma digital usando HTML, CSS y JavaScript (Wikipedia)

Se realizará la fase de análisis abordando la definición del problema, su contexto y los actores involucrados, elaborando el relevamiento de la información y las diferentes fuentes de datos. Asimismo, se considerará para esta etapa los procesos internos del negocio y los requerimientos funcionales necesarios, de forma de poder proporcionar un diagnóstico de situación o línea base.

En la fase de Diseño, identificadas las entidades que participan y sus relaciones, se definirán los objetos geográficos que las representan, generando un modelo de datos.

Cumplida la etapa de diseño, en la fase de implementación se estudiarán los requerimientos técnicos (hardware y software) para identificar si es necesario o no, complementar la infraestructura tecnológica existente de la organización. Se establecerá la necesidad de contar con un catálogo de objetos, y para ello a través de un ejemplo, se definirán las pautas a seguir para su construcción.

Se detallarán elementos vinculados a la implantación de la base de datos geográfica, la capacitación del personal, y finalmente, a través de casos de análisis territorial con información proporcionada por la DAL, se ofrecerá un análisis de datos a modo de trabajo piloto, que permita visualizar las potencialidades de un SIG.

El esquema del relato metodológico propuesto, se puede apreciar en la figura 1.

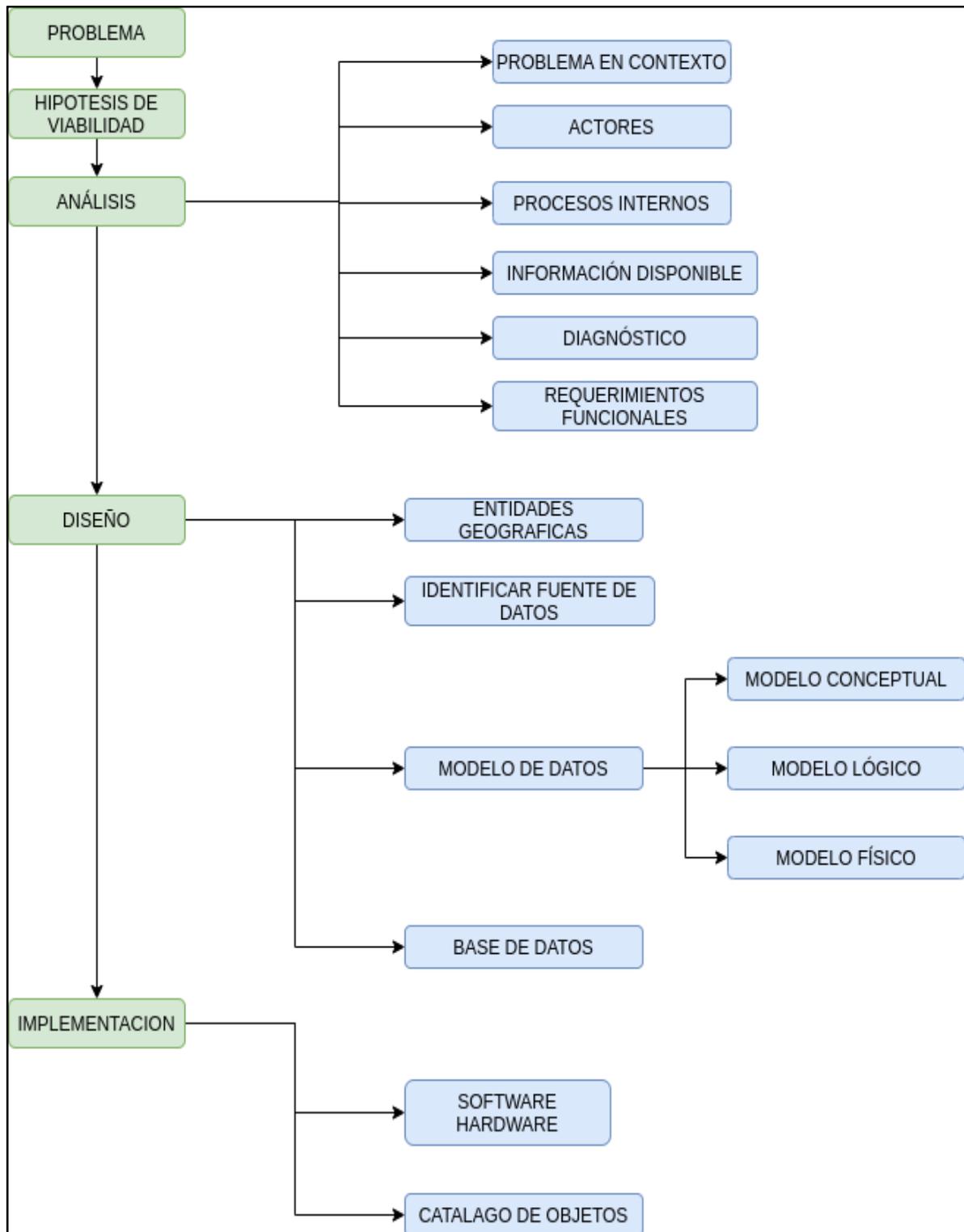


Figura 1 Esquema metodológico (Elaboración propia)

6.1 PLANIFICACIÓN

6.1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Considerando las problemáticas desarrolladas en el apartado 2 (Planteamiento del Problema) de este documento, se las puede reformular de manera de mantener la esencia de las mismas en la siguiente pregunta:

¿Cómo mejorar, utilizando las herramientas de un sistema de información geográfica, los procesos de distribución de bienes en la División Adquisiciones y Logística?

6.2 ANÁLISIS

6.2.1 EL PROBLEMA EN SU CONTEXTO

Para darle contexto a la formulación del problema, se debe indicar el área de estudio en el que se desarrolla este proyecto. El trabajo es sugerido para la DAL, en particular para su Departamento de Almacenes y Distribución.

Este departamento es el encargado del aprovisionamiento, almacenamiento, distribución y logística inversa de los materiales distribuidos a las escuelas del sistema público y a emprendimientos escolares de naturaleza público-privado con alcance en todo el territorio nacional.

Para entender las reglas de negocio, se realizaron distintas actividades con los actores involucrados en los procesos. La investigación incluyó directamente al responsable de la logística de esta dependencia.

Se realizaron varias instancias, como forma de entender la lógica del proceso de distribución. En este intercambio se elaboró un set de consultas para identificar las distintas problemáticas del sector.

Esta mecánica de intercambio permitió identificar y separar los fenómenos geográficos de otros que no lo son (administrativos) para su posterior modelado. A partir de estas instancias y de documentos proporcionados, se identificaron, los distintos elementos del negocio: actores, entidades y las relaciones entre los mismos. En el esquema de la figura 2 se puede visualizar los componentes del negocio.

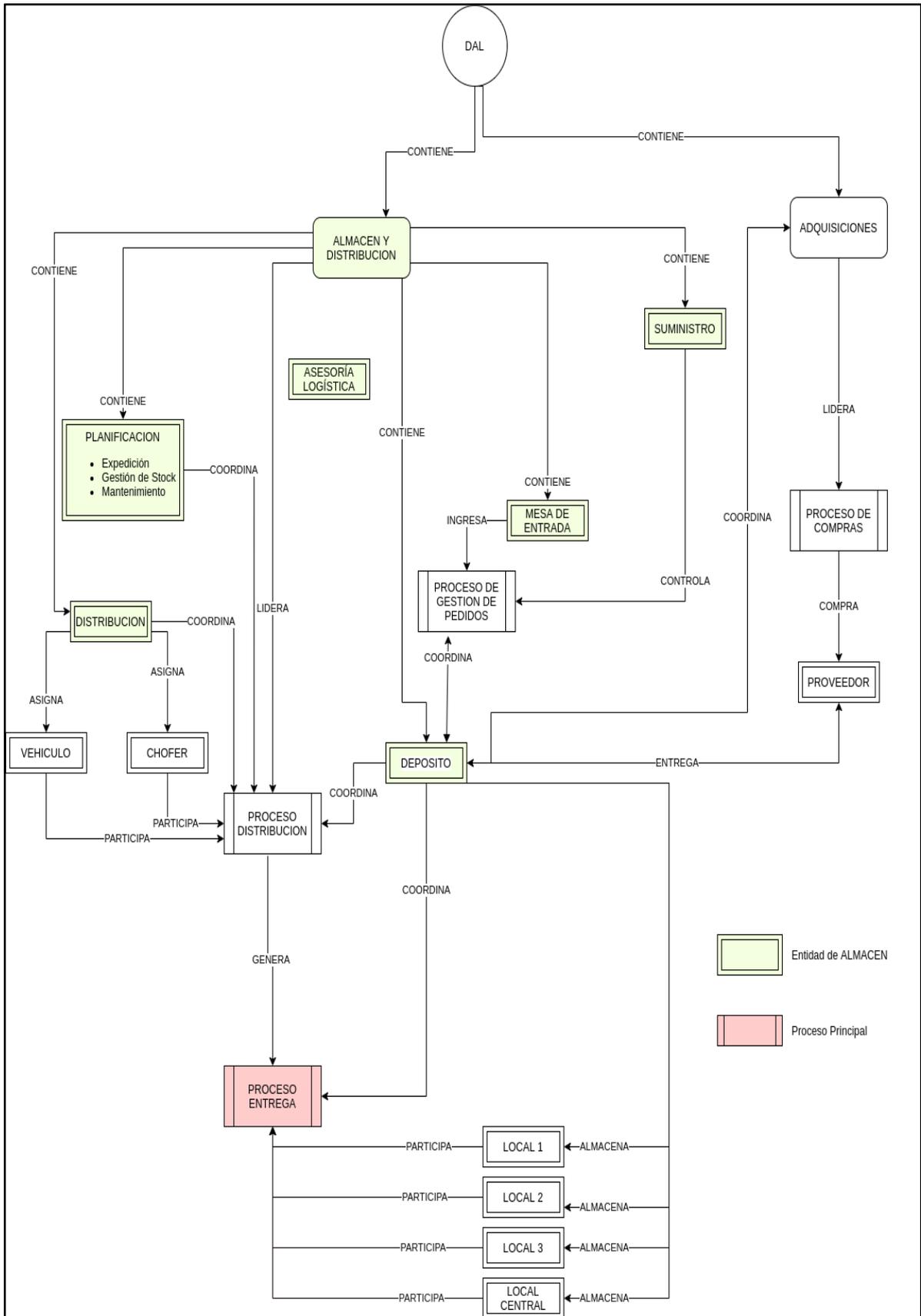


Figura 2 - Lógica del negocio - (Elaboración propia)

6.2.2 ACTORES Y CASOS DE USO

Identificar los actores y los casos de uso permite visualizar las distintas interacciones del negocio, esto facilita la elaboración de los requerimientos funcionales. Los actores principales en este esquema de la lógica del negocio de la DAL son identificados como:

- Departamento de Almacenes y Distribución, contiene cuatro dependencias que participan en todos los procesos del negocio, ellas son: Suministro, Distribución, Depósito y Mesa de Entrada, es quien lidera el Proceso de Distribución de los materiales.
- La Mesa de Entrada ingresa información a la gestión de pedidos.
- Área de Suministro, controla el proceso de gestión de pedidos.
- Área de Depósito, es un actor fundamental en el proceso ya que coordina la gestión de pedidos, coordina con la sección Adquisiciones las compras, recibe la entrega de los proveedores, coordina el Proceso de Distribución, almacena en los distintos depósitos y coordina la Entrega de los bienes a las escuelas o inspecciones departamentales.
- La Sección Planificación, se ocupa de la gestión de stock, mantenimiento, expedición y también coordina el Proceso de Distribución.
- Sección Distribución, coordina el Proceso de Distribución y asigna chofer y vehículo para esta función.

El Proceso de Distribución, es quien genera el producto final de este flujo de relaciones denominado PROCESO de ENTREGA, (en tono rosa del esquema, de la figura 2).

En figura 3 se definen, esquemáticamente, los Actores y Casos de Uso que se detallan a continuación:

- Actores vinculados al Caso de Uso “Crear Entrega”.
 - Planificación
 - Depósito
 - Distribución
 - Locales de Depósito
- Actores vinculados al Caso de Uso “Entregar”

- Chofer
 - Vehículo
 - Escuela
 - Inspección departamental

Los vínculos entre los casos de uso se detallan a continuación:

- El Caso de uso CREAR ENTREGA incluye a los casos de uso: Asignar chofer y vehículo, Gestionar stock y Liberar mercadería.
- El caso de uso ENTREGAR incluye CREAR ENTREGA.

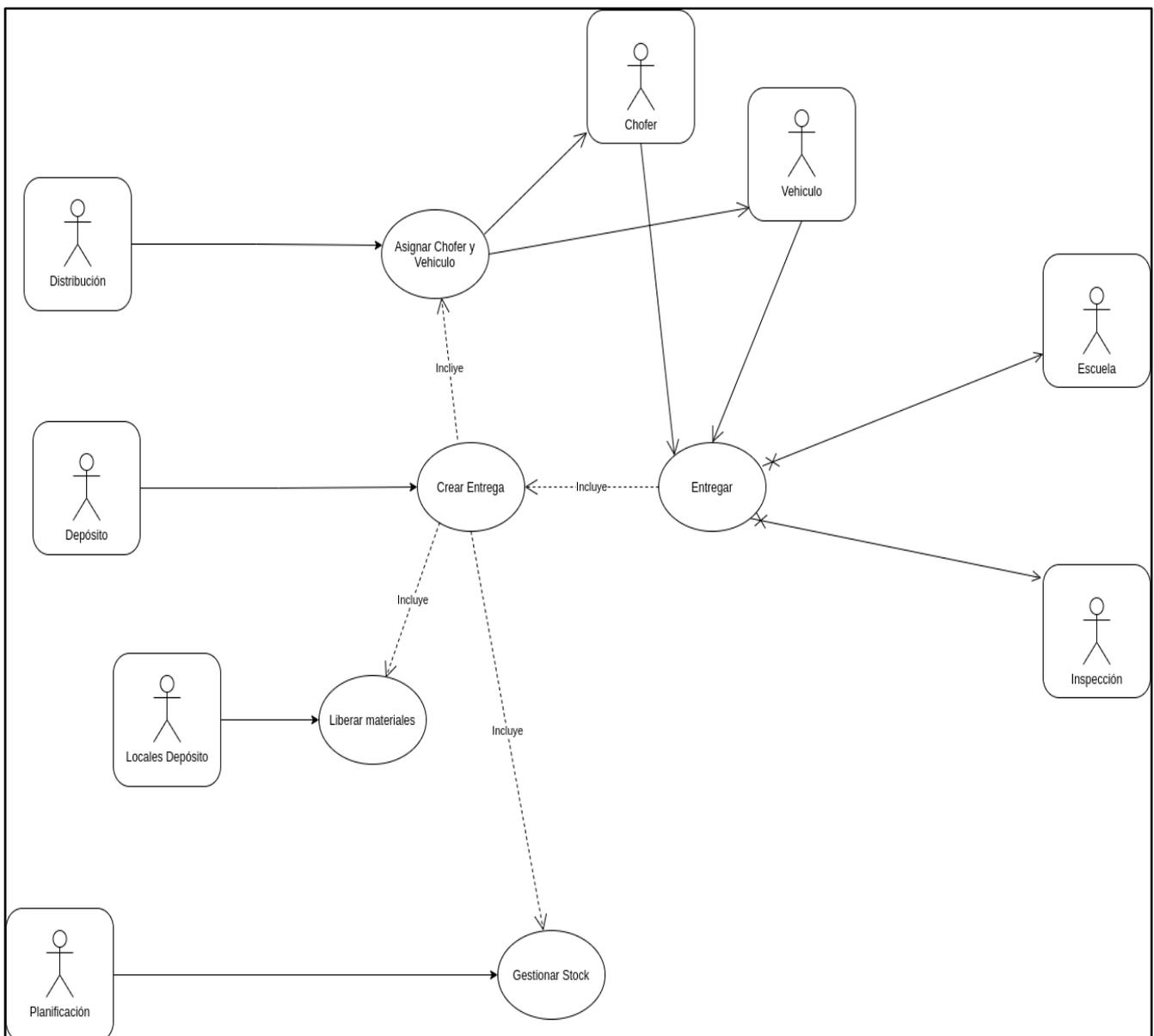


Figura 3 - Actores y Casos de uso - (Elaboración propia)

Es en los casos de uso, Crear Entrega y Entregar donde se visualiza la oportunidad de mejorar la planificación y la distribución a través de herramientas de SIG. Es en este proceso de entrega en los que la información geográfica, junto al análisis con otras herramientas, permitiría optimizar el servicio.

6.2.3 PROCESOS INTERNOS

Los procedimientos internos analizados son los que tienen que ver con la distribución, es decir, los que involucran a procesos que pueden ser modelados a través de información geográfica y surgen de la información y documentación proporcionada por el “sponsor”⁹ referente de la DAL.

En la documentación proporcionada se detalla el procedimiento de distribución, el que una vez analizado, permite identificar puntos débiles que refuerzan la necesidad de contar con una herramienta geográfica de planificación, como se verá en el diagnóstico de situación.

En el procedimiento de distribución de bienes de la DAL se citan los siguientes puntos que se cumplen en orden secuencial:

- 1** Las giras de distribución son organizadas y supervisadas por la sección Depósito, siempre en coordinación con la jefatura del Departamento de Almacenes.
- 2** Se programa la entrega con un plazo de anticipación aproximado de una semana.
- 3** Se comunica a la interna de la División.
- 4** Se fija la zona de distribución o locales a distribuir.
- 5** Se fija por parte del transporte (chofer) la ruta a recorrer
- 6** De acuerdo al tipo de material o a la zona de distribución, la entrega se caracteriza como:
 - a.** Entrega recorriendo escuela por escuela.
 - b.** Entrega a Inspección Departamental.
 - c.** Entrega proveedor a escuela.

⁹ También denominado Socio Estratégico (proporciona la información y promueve el proyecto dentro de la organización).

6.2.4 INFORMACIÓN DISPONIBLE

La información a la que se pudo acceder se puede caracterizar en dos tipos, la que se utiliza para gestionar administrativamente el proceso de entrega y la que permite planificar y llevar adelante la distribución. Es esta última, como fuera mencionado con anterioridad, la que interesa por tener características geográficas que permiten el análisis espacial.

Los datos que conforman la información suministrada, se detallan de la siguiente manera:

- 2.287 escuelas (con diferentes tipos o categorías)
- 48 zonas de distribución de materiales.
- 23 inspecciones Departamentales.
- 6 regiones Administrativas (Regionalización de ANEP 2020)
- 4 depósitos (1 central y 3 periféricos)

Cabe destacar que se cuenta con información de 2.302 escuelas registradas a diciembre de 2020. De dicha cantidad se trabajó con 2.287, en virtud de que de dicho total (2.302), 14 de se encontraban en proceso de cierre (es decir sin alumnos matriculados) y 1 está ubicada en Asunción del Paraguay.

En el caso de la información referida a las escuelas, estos datos son consolidados por la DAL a partir de las nomenclaturas de escuelas públicas, proporcionadas por el Departamento de Estadística Educativa de la División Planeamiento Educativo y de la División Tecnologías de la Información (DTI) ambas dependientes de la DGEIP. El resto de la información analizada tiene como fuente la propia DAL.

6.2.5 DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN

Se deben destacar algunos puntos críticos en el procedimiento de entregas (apartado 6.2.3), que dejan en evidencia restricciones en el mismo y que permiten establecer el siguiente estado de situación.

En los pasos 1, 2 y 3 se debe indicar que, no existe la comunicación con un tiempo prudencial, a todo el Organismo de las giras programadas. Esto conlleva a no poder consolidar cargas ni a la previsión, por parte de las entidades del interior del país, del envío lo que permitiría mejorar la coordinación de las entregas.

En el paso 4 se identifica claramente el tema geográfico, donde el sponsor ha manifestado, que muchas veces “...no se cuenta con la información geográfica necesaria para la entrega efectiva del material...”.

Direcciones con datos insuficientes o erróneos, falta de datos vinculados (teléfonos u horarios de funcionamiento) y en casos extremos, la falta de personal que realice la apertura del local de destino, son las debilidades indicadas. Esto genera que muchas entregas sean devueltas al depósito de distribución generando todos los inconvenientes asociados a la logística inversa.

El paso 5 presenta como debilidad la carencia de gestión y control de flota ya que, para el caso, como surge de la documentación, no se planifica la ruta a recorrer y es el chofer quien subjetivamente fija el itinerario. Se carece de toda información, por parte de la División, sobre costos y tiempos que puedan retroalimentar el proceso para una mejora de la gestión.

En el paso 6, no queda claro cuáles son las razones por las cuales se decide optar por una u otra forma de entrega, más allá de que algunos tipos de mercaderías, como mobiliario o electrodomésticos, implican una entrega en el sitio (en la jerga de logística se conoce como On Site).

Se desconoce el criterio por el cual se elige, dependiendo de la zona geográfica, por distintas formas de distribución. Por ejemplo, en Montevideo y Atlántida se distribuye recorriendo escuela por escuela, mientras que, en el resto del país, generalmente, se dispensa la misma mercadería con destino en la Inspección Departamental.

La información utilizada para este procedimiento está elaborada en planillas de cálculo. Se cita como ejemplo ilustrativo las llamadas zonas de distribución. Estas zonas son almacenadas en una planilla de cálculo de forma nominal, sin orden, ni jerarquía. Su área de influencia está definida por la experiencia diaria de la gestión. Pueden pensarse como un conjunto de locales asociados (puntos) por distancia o por accesibilidad al que se denomina zona (no superficie).

Estas planillas no cuentan con elementos geográficos, ni con una delimitación precisa y específica. Solo en el caso de las escuelas la DAL anexa las coordenadas geográficas (LATITUD, LONGITUD) para una posterior visualización en Mapas de Google.

Desde el punto de vista cartográfico, la DAL cuenta con mapas realizados en la herramienta Google Maps, que dista de ser un SIG ya que no posee la capacidad de realizar análisis espacial y cuenta con limitaciones, por ser una empresa comercial, entre las que se destaca la de tener herramientas asociadas de pago.

6.2.6 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Analizados los procesos internos, la información disponible y las necesidades de los actores que participan de la distribución, se determinan los requisitos funcionales a implementar dentro del SIG. Cualquier desarrollo o aplicación de herramientas de análisis geográfico debería permitir los siguientes requerimientos:

- Mostrar la ubicación de las escuelas, Inspecciones Departamentales y depósitos (Como forma de poder analizar su distribución en el territorio)
- Mostrar la regionalización a nivel nacional
- Mostrar los ejes de calles nacionales a escala nacional, regional y departamental. (Establecer direcciones, rutas, accesibilidad, puntos de interés)
- Mostrar ejes viales por tipo (ruta principal, corredor, ruta secundaria, camino departamental) (Establecer direcciones, rutas, accesibilidad, puntos de interés)
- Visualizar escuelas por zona de distribución de la DAL (Elaborar recorridos)
- Visualizar escuelas por regionalización de la ANEP.
- Visualizar las escuelas por departamento
- Visualizar las escuelas por Inspección Departamental
- Visualizar escuelas por área (tipo de educación: inicial, común, especial, artística) (Caracterización de las escuelas, planificación de distribución)
- Visualizar escuelas por zona (Urbana, Rural) (Caracterización de las escuelas, conteo, planificación de distribución)
- Visualizar escuelas por turno (Caracterización de las escuelas, conteo, planificación de distribución)
- Visualizar escuelas por categoría (tiempo completo, práctica, etc) (Caracterización de las escuelas)
- Visualizar escuelas por matrícula asociada
- Visualizar escuelas por personal docente y no docente asociado

Independientemente de estos requerimientos espaciales de visualización se sugiere tener en cuenta, a la hora de elegir las herramientas de SIG, que se puedan implementar en las mismas los análisis de red clásicos: ruteo, área de servicios, isócronas.

6.3 DISEÑO

Cumplida la etapa de análisis, en esta etapa se conceptualiza el problema y se modela el SIG con las entidades geográficas identificadas. Se relevan las fuentes de datos, el flujo de información entre las entidades, sus relaciones y el modelo de representación.

6.3.1 DATOS

La información de las entidades geográficas tiene, a excepción de las escuelas, sus fuentes dentro del organismo. Se debe resaltar que, según lo relevado, los datos de entrada y de salida para la gestión son planillas de cálculo.

Existe una única planilla de cálculo (confeccionada por la DAL) para la elaboración de las entregas, producto de la consolidación de diferentes fuentes de datos. Este instrumento cuenta con la información unificada de las escuelas, de las Inspecciones Departamentales, las regiones y de las zonas de distribución. En este consolidado se pudieron identificar las fuentes de información que se detallan de la siguiente manera:

6.3.1.1 Escuelas

En el caso de la División de Adquisiciones y Logística, la información de las escuelas es consolidada desde fuentes de otras dependencias del organismo.

Se cuenta con la plataforma GURI¹⁰, sistema de información web, que se encuentra enmarcado dentro de las políticas del gobierno electrónico y las políticas educativas de la DGEIP.

Se recibe información de la nomenclatura y matrícula de las escuelas desde el Departamento Estadística Educativa (DEE), y se consolida con información específica solicitada a División Tecnologías de la Información (Informática).

Investigando el origen de la información respecto de datos de escuelas, se pudieron identificar 4 fuentes (cuadro 1).

¹⁰ GURI - Gestión Unificada de Registros e Información.

Información	Fuente	Enlaces
Centros ANEP	MIDES	https://mapas.mides.gub.uy/
Locales Escolares	GURI - DGEIP	http://desarrollo.guri.edu.uy/GuriMapas/index.xhtml
Monitor Educativo	ANEP	http://www.anep.edu.uy/monitor/servlet/portada
Nomenclatura de Escuelas Públicas	DEE - DGEIP	https://www.dgeip.edu.uy/listado-escuelas-publicas/

Cuadro 1 - Fuentes Escuelas (Elaboración propia)

Se sugiere que se debería trabajar en la consolidación de los distintos atributos que cada uno de los proveedores produce de manera de reducir al mínimo la redundancia de datos.

6.3.1.2 Zonas de distribución

Se manifestó, a lo largo de las distintas instancias, la aspiración de Almacenes de contar con la delimitación geográfica de las zonas. La fuente de la información de estas zonas de distribución es la propia DAL.

Se sugiere que se debería contar con los límites administrativos de las mismas definidos por la Administración, para construir entidades tipo polígono y representarlas en un modelo vectorial, de manera de poder dar respuesta a preguntas propuestas por la DAL como por ejemplo ¿Cuántas escuelas contiene la zona de distribución? ¿Qué superficie está cubierta por la zona de distribución? Hasta no contar con una definición al respecto, por parte de la organización, se tomarán como un conjunto de puntos con un atributo que los clasifica.

6.3.1.3 Inspecciones Departamentales

Las Inspecciones están ubicadas en cada capital departamental, y para los casos de Montevideo y Canelones, se subdividen en tres jurisdicciones. Montevideo Centro, Oeste y Este, en tanto que para Canelones se denominan Oeste, Pando y Costa. Se puede acceder a los datos básicos de las mencionadas Inspecciones en el sitio web de la Dirección General de Educación Inicial y Primaria¹¹. No se accedió a un soporte en planilla o documento de texto de estos datos¹².

¹¹ <https://www.dgeip.edu.uy/inspecciones/inspecciones-departamentales/>

¹² En particular para el análisis espacial este equipo elaboró una capa georreferenciada de las inspecciones departamentales con los datos del sitio web de la DGEIP.

Se sugiere que se debería automatizar el mantenimiento de los datos de manera de contar con un conjunto mínimo que enriquezca la información de las Inspecciones, por ejemplo: Departamento, Localidad, Dirección, Denominación, teléfono, horario de atención, personal asignado, entre otros datos.

6.3.1.4 Regiones Administrativas

Las regiones surgen de la Resolución N° 28/2020 de CODICEN, en el que se resuelve la regionalización de la ANEP para los distintos niveles de enseñanza¹³. No se pudo acceder a ningún soporte informático, más allá de la misma resolución publicada en el sitio web de ANEP¹⁴.

Se sugiere que se debería, al igual que las Inspecciones, dotar de datos asociados y de definir referentes con quien contactar ante eventuales modificaciones.

6.3.1.5 Depósitos

La información referida a las ubicaciones de los depósitos fue brindada por la DAL. Se desconoce si existe un soporte digital para mantener los datos de estos puntos de almacenamiento. En el documento elaborado y proporcionado por dicha División, se describen los depósitos y los datos administrativos vinculados a los mismos. En ese documento también se puede visualizar un mapa, realizado con herramientas de Google, con el que se pretendió, en el momento de su confección, analizar la reubicación de los mencionados locales.

Se sugiere que se debería incorporar horarios de apertura y cierre, locomoción asignada, funcionarios asignados y referentes para el mantenimiento.

6.3.1.6 Localidades

Listado de localidades de la República Oriental del Uruguay. Las coordenadas de las localidades se encuentran proyectadas en el sistema EPSG 32721. Fuente de datos el catálogo de datos abiertos¹⁵

¹³ <https://www.anep.edu.uy/sites/default/files/Circular%20N%C2%B0%2028%20-2020.pdf>

¹⁴ Este equipo elaboró una capa georreferenciada para su análisis espacial.

¹⁵ <https://catalogodatos.gub.uy/>

6.3.1.7 Conjunto de datos de red

Este conjunto de datos conocidos en inglés como Network Dataset no es más que la red vial a la que se le han asociado costos (distancia y tiempo) así como atributos que expresan el sentido de recorrido de los ejes viales.

En el caso de Uruguay no se ha podido identificar, a menos de Montevideo y de una parte de la red vial del MTOP, un conjunto de datos completo que contenga atributos que indiquen el sentido de la circulación.

En el caso de Montevideo, aún con atributos de sentido, se debe construir la red asignando los costos correspondientes.

Se pudo obtener un conjunto de datos abiertos para Uruguay con costos (tiempo y distancias), sentido y velocidades de recorrido del servidor de OpenStreetMap¹⁶, mantenidos por la comunidad de colaboradores.

Se debe aclarar que, ante la ausencia de información que verifique la existencia de una red construida por organizaciones públicas o privadas nacionales, se tomará como red para análisis válida, la proporcionada por la comunidad de desarrolladores de OpenstreetMap.

6.3.2 ENTIDADES GEOGRÁFICAS

Identificados conceptualmente los objetos geográficos, en el apartado 6.3.1, los mismos se modelan lógicamente. Como forma de representar la realidad se utilizan las entidades espaciales, o primitivas geográficas, para su modelado.

En este caso se incorporan las tres entidades básicas: punto, línea y polígono de acuerdo al cuadro 2.

Entidad	Dato
PUNTO	Escuelas, Inspecciones, Depósitos, Nodos de red, zonas de distribución
LÍNEA	Ejes viales y datos de red
POLÍGONO	Regiones, Localidades, Áreas de Servicio

Cuadro 2 - Detalle de entidades geográficas y datos geográficos (Elaboración propia)

Estas entidades son el “soporte” del dato geográfico, al que se le asocian los atributos que enriquecen la información espacial.

¹⁶ <https://download.geofabrik.de/>

6.3.3 MODELO DE DATOS

Los modelos de datos son abstracciones de la realidad y definen cómo los datos se vinculan, procesan y almacenan. La representación de la geografía que contextualiza nuestro análisis se considera un modelo geográfico.

Como resultado del análisis realizado, sobre la información obtenida, surgen los conceptos que se deben almacenar. Esto permite diferenciar los distintos objetos geográficos y orienta respecto de qué tablas serán construidas.

Para eso se debe modelar la realidad, partiendo de lo conceptual para llegar a una estructura física almacenable en una base de datos (Figura 4).

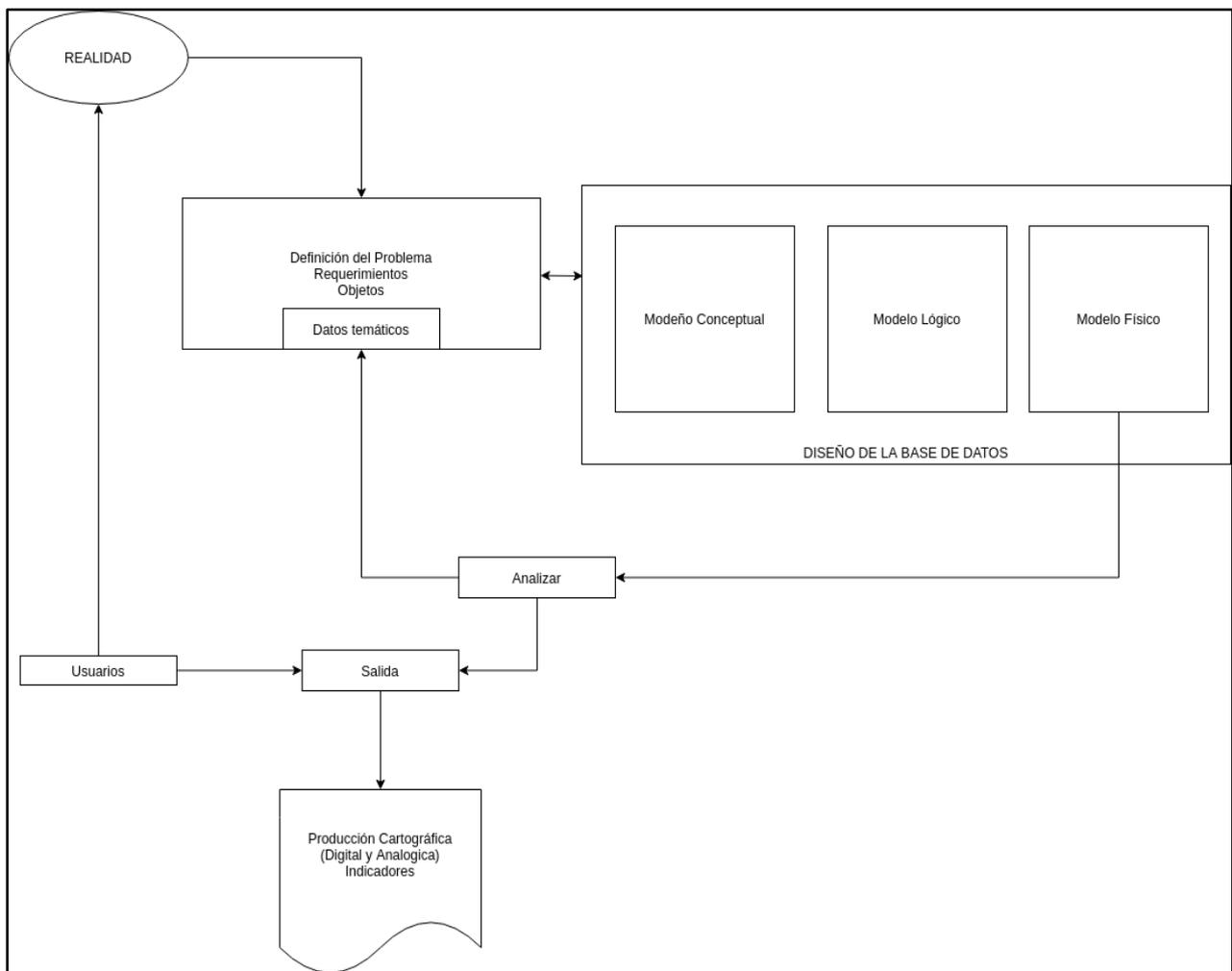


Figura 4 - Fase de Diseño de la Base de Datos (Elaboración propia)

6.3.3.1 Modelo Conceptual

De acuerdo al análisis semántico realizado se detallan los datos con sus atributos. Estos atributos son una forma de definir algunas propiedades de los datos como por ejemplo su medida, una cualidad o descripción, así como el rango de valores que pueden tomar. Se genera así un diccionario de datos para todos los objetos identificados que estará incluido en el futuro Catálogo de Datos.

En el modelado se toman en cuenta no solo los conceptos que definen a las entidades, sino que se deben modelar conjuntamente las relaciones. En la figura 5 de la página siguiente se puede observar el esquema conceptual con las entidades y sus relaciones.

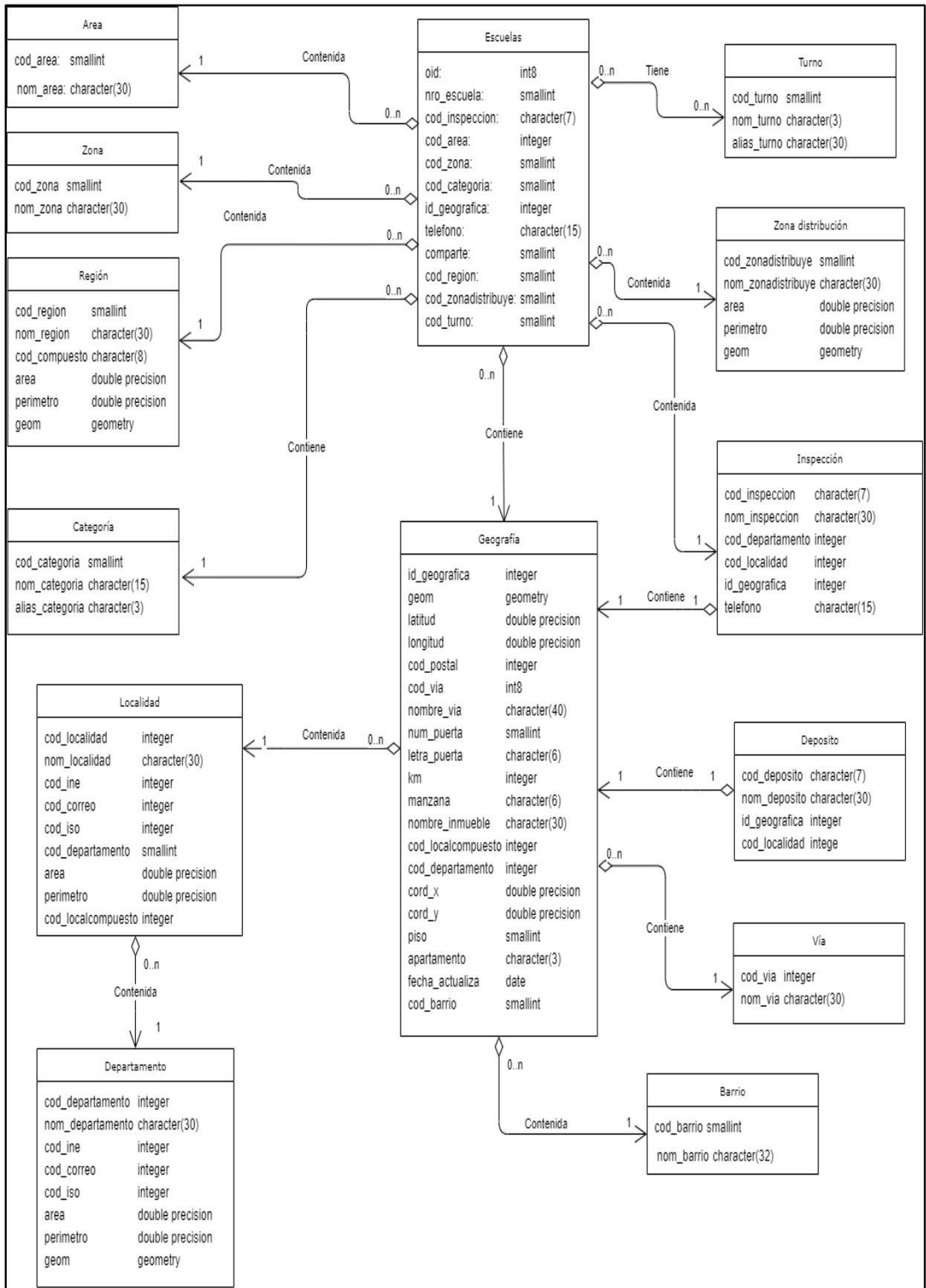


Figura 5 - Modelo Conceptual de los datos (Elaboración propia)

6.3.3.2 Modelo Lógico

Se genera entonces, a partir de los objetos geográficos identificados, el modelo de datos lógico (figura 6). El cual contiene todos los objetos geográficos, relaciones, atributos y las claves principales y/o externas correspondientes.

Se comienza a delinear en este modelo la estructura de los datos para su posterior persistencia en la base de datos.

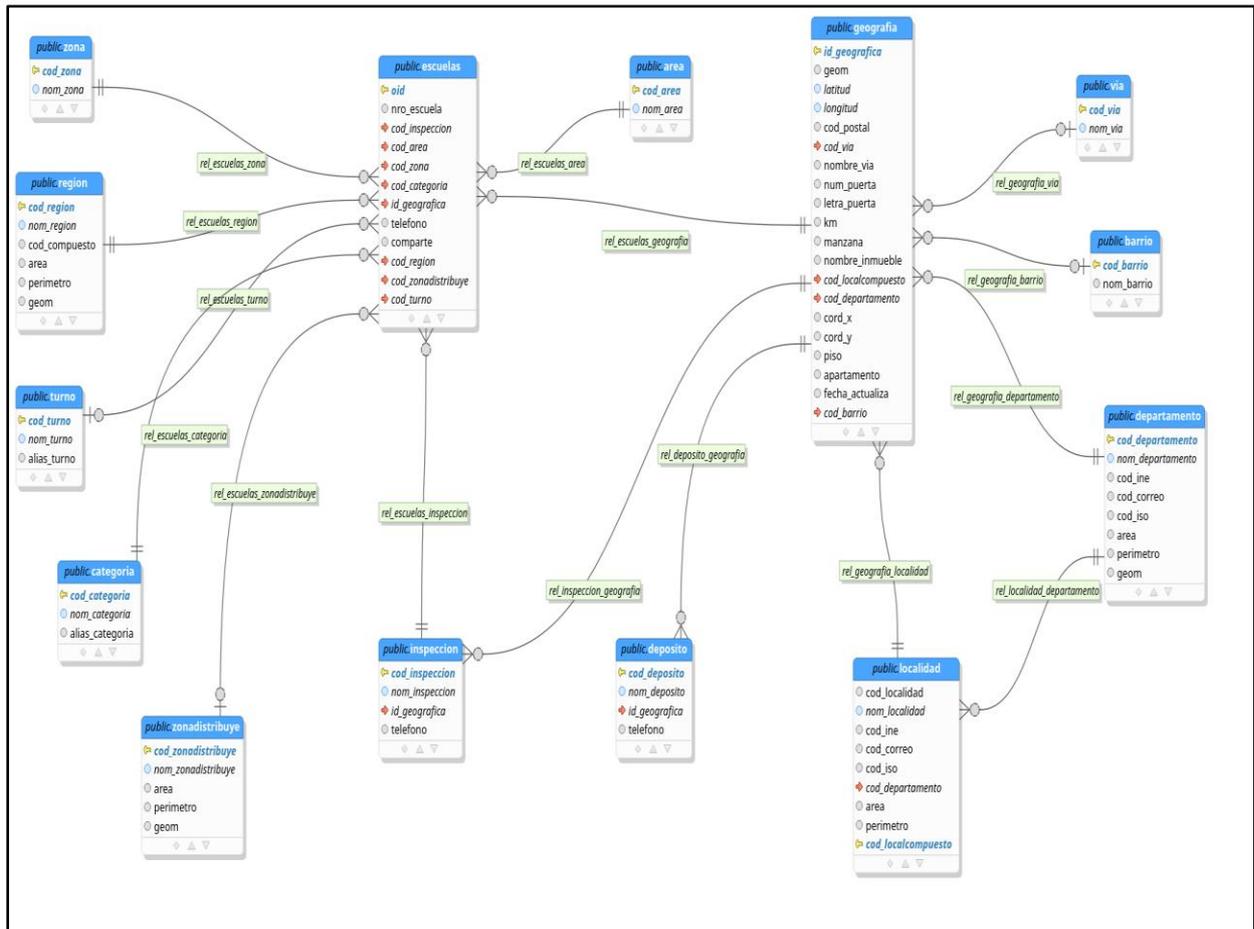


Figura 6 - Modelo Lógico de los datos (Elaboración propia)

6.3.3.3 Modelo Físico

El modelo lógico definido con sus entidades y atributos, permite la realización del diseño del modelo físico para implementar una base de datos espaciales. En el esquema de la figura 7 se visualiza el modelo físico de los datos que permitirán elaborar las tablas correspondientes. En el mismo se aprecian los atributos, los tipos de datos, la dimensión de los mismos y las restricciones que surgen de sus relaciones.

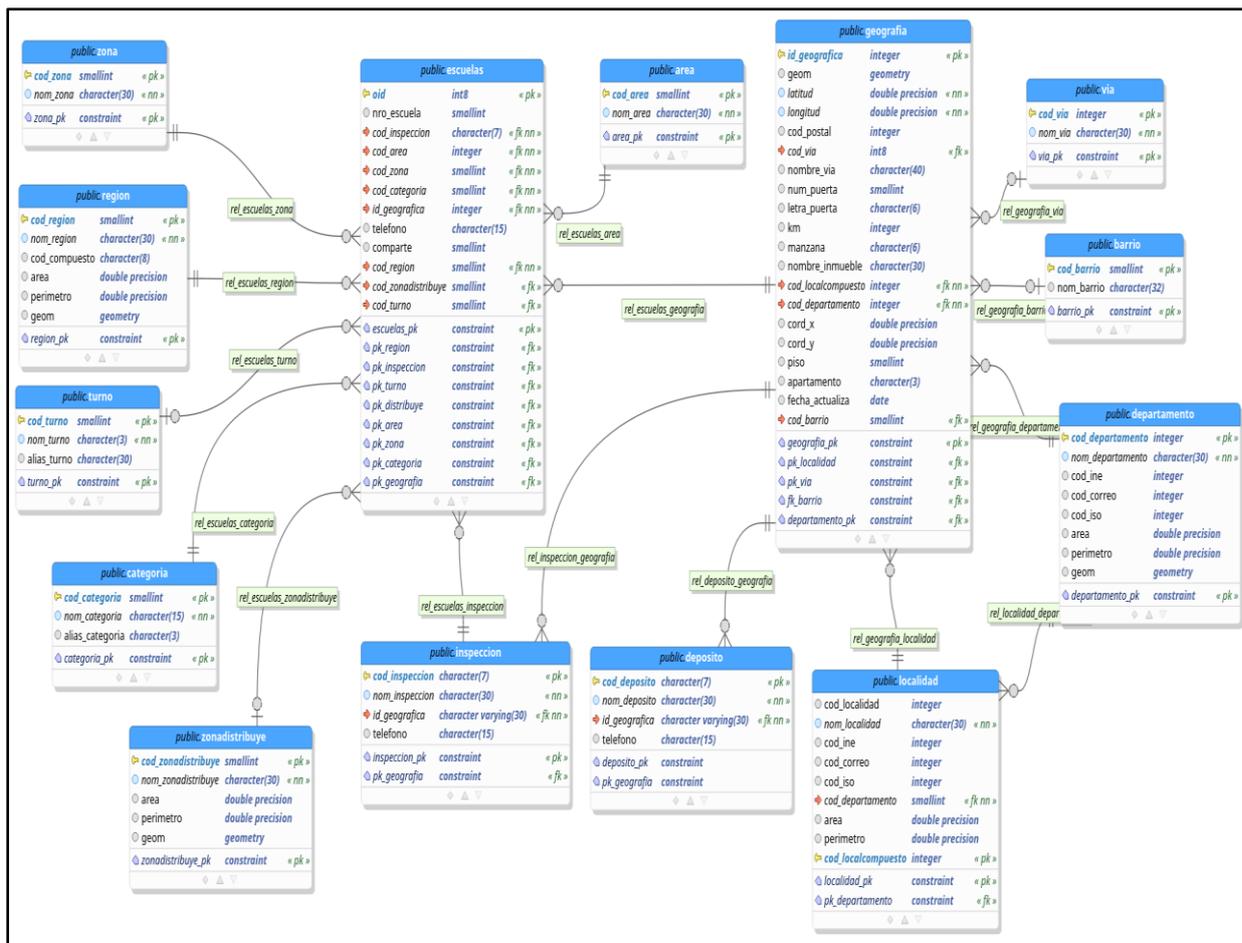


Figura 7 - Modelo físico de los datos (Elaboración propia)

6.3.4 BASE DE DATOS

La Base de datos espaciales se entiende como “...una colección de datos referidos a objetos de los que se conoce su localización espacial (...). Una base de datos geográfica puede definirse como la colección lógica de IG interrelacionada que se administra y almacena como una unidad, comprendiendo antecedentes sobre la ubicación de las características del mundo real y sobre sus particularidades en relación a su entorno” (Barriga et al, 2012).

Las colecciones de datos no deben confundirse con los Sistemas Gestores de Base de Datos (SGBD). Perfectamente puede desarrollarse un sistema de información geográfica, que se apoye en una estructura de directorios gestionados por los sistemas operativos informáticos actuales. La diferencia radica en la gestión de los datos, si el modelo es relacional o no, si se cuenta con la aplicación de restricciones a los datos, en la capacidad de almacenamiento, en su redundancia o en su actualización.

Almacenar geometrías vectoriales en bases de datos relacionales no resultaba ser una opción con un óptimo desempeño, hasta la aparición de gestores de base de datos, que comienzan a incorporar geometrías a sus tipos de datos.

“El almacenamiento de geometrías vectoriales en bases de datos relacionales en forma normal crea un número elevadísimo de tablas que reduce el rendimiento de las consultas y complica el mantenimiento de los datos hasta niveles intolerables. La gran variedad de posibilidades geométricas provoca que el modelo relacional normalizado sea demasiado complejo.” (Botella Plana A. et al, 2009).

Elegir un modelo vectorial implica definir cómo serán almacenadas las distintas entidades de acuerdo a su geometría y su temática. Las entidades fueron identificadas anteriormente en el punto 6.3.2, así como las primitivas que representan a las mismas. Éstas se componen de uno o más pares de coordenadas, atendiendo a la primitiva que se requiere representar¹⁷. Por ejemplo, los puntos se representan como un par de coordenadas, las líneas como pares ordenados y los polígonos como las líneas que lo delimitan.

En nuestro caso de estudio se adoptó un modelo de representación vectorial ya que no surge del análisis la necesidad de trabajar con imágenes, fotografías o coberturas, ni los modelos que las representan (raster).

Los datos geográficos deben ser acompañados de un Sistema de Referencia de Coordenadas (SRC) en el cual será representado. Los dos tipos de SRC utilizados son los de coordenadas geográficas y los proyectados.

En la propuesta, que se sugiere desde este trabajo, se utilizarán las ofrecidas por la IDEuy¹⁸:

- Sistema de Referencia: SIRGAS-ROU98, época 1995.4
- Sistema de Coordenadas: Geográficas (latitud, longitud), grados sexagesimales
- Sistema de Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM), elipsoide GRS80, Huso 21 y 22, Zonas H y J.

En la actualidad existen programas específicos, con distintos módulos, que acceden a las bases de datos geográficas y facilitan la producción de información geográfica.

¹⁷ No es tema de este trabajo profundizar en los aspectos topológicos de estas primitivas, ni en los conceptos teóricos del modelo vectorial de datos geográficos.

¹⁸ Infraestructura de Datos Espaciales Uruguay - Presidencia de la República Oriental del Uruguay https://www.gub.uy/infraestructura-datos-espaciales/sites/infraestructura-datos-espaciales/files/2019-04/Sistema_Referencia_Proyecciones.pdf

Otra forma de acceder a estas consultas es mediante el lenguaje estructurado de consultas, SQL.

En resumen, se recomienda la implementación de la base de datos geográfica con las siguientes características:

- 1 Esquema de la base con extensiones espaciales (temática y geometrías).
- 2 Datos tabulados como el representado en el modelo de la figura 7.
- 3 Sistema de Referencia de Coordenadas sugerido por la IDEuy.
- 4 Acceso mediante programas específicos.
- 5 Acceso a información mediante SQL.

6.4 IMPLEMENTACIÓN

6.4.1 SOFTWARE Y HARDWARE

Para la implementación de las herramientas SIG se deben elegir las soluciones informáticas que mejor se adapten a los requerimientos de información a la vez que, se deben analizar factores tales como el estado de madurez de la organización o los recursos económicos y financieros.

Existen en el mercado soluciones propietarias tanto para la implementación de una base de datos geográfica, como para el acceso a la misma. En este proyecto proponemos, alinearnos con las sugerencias de la ley **19179**¹⁹ del 27 de diciembre del 2013, reglamentada por el Decreto N° **44/015**²⁰ de 30 de enero del 2015, que en su artículo 2 expresa lo siguiente:

“Artículo 2: En las instituciones y dependencias del Estado mencionadas en el artículo 1°, cuando se contraten licencias de software se dará preferencia a licenciamientos de software libre. En caso de que se opte por software privativo se deberá fundamentar la razón.”

La elección del motor de base de datos Postgresql y su extensión espacial PostGIS no solo es consecuencia de cumplir con la normativa vigente (Open Source bajo licencia GNU-GPLv2²¹), sino que, además, posee varias características importantes citando alguna de ellas a continuación:

¹⁹ <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/19179-2013> (Ley Software Libre)

²⁰ <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/44-2015> (Decreto reglamentario)

²¹ <https://opensource.org/licenses/gpl-2.0.php>

- son aplicables todas las operaciones de consulta del lenguaje SQL
- conjunto importante de operaciones espaciales (conversión de coordenadas, medición, relaciones de superposición y continuidad, operaciones vectoriales tales como unión, intersección, bufferización, etc)
- permite crear: índices, operaciones automatizables (triggers), multi geometría en una misma tabla.
- estructura jerárquica de usuarios y acceso concurrente
- cumplimiento de estándar OGC²²
- enrutamiento y visor de geometrías (con PgAdmin)
- exportación e importación de datos
- interoperabilidad con otras herramientas en particular con QGIS

Para el acceso de los datos almacenados y las distintas consultas espaciales, se cuenta con soluciones propietarias y libres, ambas con características similares y altamente difundidas. En el caso de aplicaciones propietarias la herramienta más utilizada en el mercado es ArcGIS, tanto en su serie de versiones de ArcMap como en su actual reemplazo ArcGIS PRO.

Para el caso de los programas no privativos, existe soporte focalizado en evolucionar tecnológicamente respetando los estándares de información espacial, es el caso de QGIS y gvSIG entre otras.

Cuando se intenta desarrollar mapas en este tipo de herramientas se deben asumir riesgos, ya que es natural que todas esas aplicaciones producidas por empresas comerciales tengan una evolución legítima bajo la lógica de rentabilidad de la firma.

La implementación de un SIG, aún en una versión mínima, con soluciones de software libre permite la independencia tecnológica. Esto sigue siendo un factor importante en la toma de decisiones en las que el componente económico tiene cierto peso. Basta con acceder, para ejemplificar, al cambio de condiciones de uso de las APIs de Google difundidas en junio del año 2018²³ en las que se establecieron los nuevos precios de mercado.

Se sugiere QGIS como herramienta de escritorio para este proyecto, ya que este software cuenta con el apoyo de una comunidad de usuarios y desarrolladores colaborando en distintas actividades tales como documentación de errores,

²² Open Geospatial Consortium (<https://www.opengeospatial.org>)

²³ <https://cloud.google.com/maps-platform/pricing?hl=es>

seguimiento de las correcciones, desarrollo de código, elaboración de documentación, promoción y difusión. Gracias a la comunidad, este aplicativo cuenta con la capacidad de ampliación de sus funcionalidades, se debe citar como ejemplo que actualmente cuenta con más de 600 plugins o extensiones con este propósito. Cabe aclarar que se podrá optar por la compra de software propietario siempre que se dé cumplimiento a la normativa vigente mencionada con anterioridad.

De acuerdo a lo investigado en el Departamento de Tecnologías de la Información (DTI) de la DGEIP, el organismo cuenta con PostgreSQL, como SGBD, en el que se implementan distintos aplicativos. Se desconoce si han sido instalados los módulos de extensión espacial más comunes, Postgis y PgRouting en el mencionado sistema de gestión de datos.

Se puede concluir entonces que el Software sugerido para los cometidos de la DAL, y este proyecto, son los siguientes:

- PostGIS²⁴ versión 3 (o posterior) y PgRouting²⁵ en su versión 3.1 (o posterior) (en el caso en que no se cuenten con estos módulos, se sugiere instalar los que correspondan a la versión de Postgresql ya instalada en la organización)
- QGIS²⁶ o gvSIG²⁷ en versiones actualizadas en ambos casos.

En cuanto a hardware, no se tiene conocimiento de la arquitectura y/o tecnología que se posee en la DGEIP, de todas maneras, y de acuerdo a las dimensiones del proyecto para la DAL, los requerimientos de infraestructura no deberían impactar fuertemente en cualquier esquema arquitectónico que se posea.

6.4.2 CATÁLOGO DE OBJETOS

En el Uruguay desde la AGESIC²⁸ en lo referente a Aspectos Generales de Datos Geográficos²⁹ se sugiere la catalogación de los objetos geográficos de acuerdo a la Norma ISO 19110³⁰ la cual especifica la Metodología para la Catalogación de Objetos Geográficos, su forma de almacenamiento y documentación.

²⁴ <https://postgis.net/>

²⁵ <https://pgrouting.org/download.html>

²⁶ <https://qgis.org/es/site/forusers/download.html>

²⁷ <http://www.gvsig.com/es/productos/gvsig-desktop/descargas>

²⁸ Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información y del Conocimiento

²⁹ <https://centroderecursos.agesic.gub.uy/web/arquitectura-de-referencia-de-datos-geograficos/>

³⁰ <https://www.iso.org/standard/57303.html>

De acuerdo a esta sugerencia la catalogación debería contemplar:

- El esquema conceptual, diagramas UML de los objetos geográficos y las relaciones entre ellos.
- El diccionario de datos, conjunto de tablas en los que en cada fila se describen los elementos de información del catálogo de objetos. Cada tipo de objeto se documenta de manera normalizada y la Norma ISO 19110 establece unas plantillas con los elementos de información a indicar.

Se puede definir al catálogo de objetos como una entidad que intenta estandarizar, aproximando la realidad, a toda la información geográfica de una organización y permite documentar atributos, relaciones, operaciones y simbología (figura 7 de este documento) del conjunto de objetos geográficos, para contar con un lenguaje común en su posterior implementación. En este catálogo se debe expresar la jerarquía existente entre los objetos. En el caso de estudio la jerarquía sería la presentada en la figura 8.

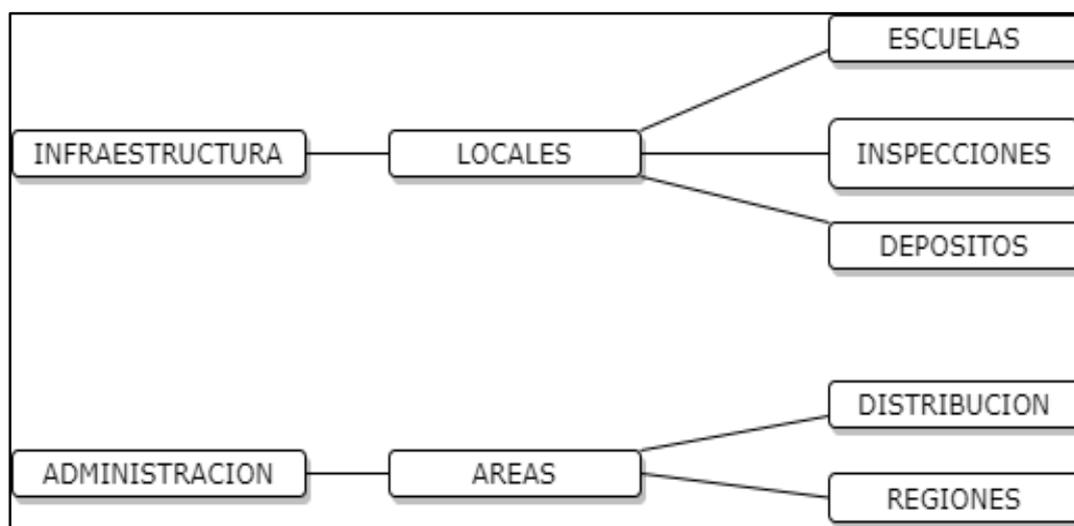


Figura 8 - Jerarquía del Catálogo de objetos (Elaboración propia)

Se puede visualizar el ejemplo del Objeto Escuelas con todos los atributos que lo identifican (figura 9), esto debe ser replicado para cada uno de los objetos. Se puede acceder a todo el Catálogo en el anexo “Catálogo de Objetos”.

Figura 9 - Ejemplo de catálogo, Objeto Escuelas (Elaboración propia)

OBJETO		ESCUELAS					
NOMBRE	Escuelas					CODIGO	1001
DEFINICION	Locales del Sistema de Educación Pública Inicial y Primaria						
ALIAS							
SUBTIPO	No corresponde						
RESPONSABLE	DEPENDENCIA	Departamento de Estadística Educativa			CIUDAD	Montevideo	
	CARGO	Técnico			DEPARTAMENTO	Montevideo	
	PERFIL	Crea, Actualiza			EMAIL		
	UBICACIÓN	Planta Baja Edificio Central			TELEFONO		
ATRIBUTOS							
NOMBRE	DEFINICION	ALIAS	CODIGO	TIPO	LARGO	VALOR	
id	Identificador unico de escuelas	id	100101	entero	8	01020001	
nro_escuela	Número de escuela	nro	100102	entero	3	01 a 999	
cod_area	Caracteriza la escuela segun area (Inicial, Comun, Especial, Artistica)		100103	entero			
cod_inspeccion	Codigo de la Inspeccion	inspeccion	100104	texto	7		
cod_zona	Característica de la escuela como urbana o rural		100105	entero			
cod_categoria	Caracteriza la escuela segun categoria		100106	entero			
id_geografica	Identifica una direccion geografica unica	direccion	100107	entero			
telefono	Telefono del local		100108	texto	15		
comparte	Indica si comparte el local con otra escuela		100109	entero			
cod_region	Indica region administrativa fijada por ANEP		100110	entero			
cod_zonadistribuye	Indica a que zona de distribucion esta asignada por la direccion de logistica		100111	entero			
cod_turno	Característica del turno		100112	entero			
REPRESENTACION							
ESCALA	SIMBOLO	TAMAÑO	COLOR HEX				
Todas	Punto	2	3385ff				

6.4.3 GESTIÓN DEL CAMBIO

Establecemos nuestra definición del término gestión del cambio, no como la transformación tradicional de todos los procesos organizacionales, sino como la posibilidad de incorporar buenas prácticas con el fin de mejorar, en este caso de estudio, procesos específicos de un sector de la organización (la DAL) con herramientas de un SIG.

6.4.3.1 Implantación

Cumplidos los requerimientos del Modelo de datos, los requisitos de software y hardware, se debe construir la base de datos y su esquema en una instancia de PostgreSQL y Postgis.

Para la construcción de la base de datos se deben organizar al menos dos tipos de información:

- Espacial que viene dada por el modelo de datos.
- Alfanumérica que está definida por todos aquellos datos que se desean vincular a las entidades espaciales.

Se aconseja establecer un mecanismo o procedimiento de carga inicial de datos, la cual no necesariamente será total, sino que podrá realizarse en pasos incrementales.

Si se decide anexar información a las capas espaciales, existen al menos dos modalidades: vincular los datos antes de la carga (precarga) o, la unión de atributos alfanuméricos y espaciales dentro de la misma base de datos a partir de sentencias SQL (post-carga).

En la etapa inicial del SIG se recomienda utilizar la precarga, considerando el diagrama de flujo de la figura 10, para la incorporación de los datos a la base geográfica. Esta precarga tiene la ventaja de ser un área de stage³¹ en donde se pueden validar los datos, antes de almacenar los mismos en la base de datos.

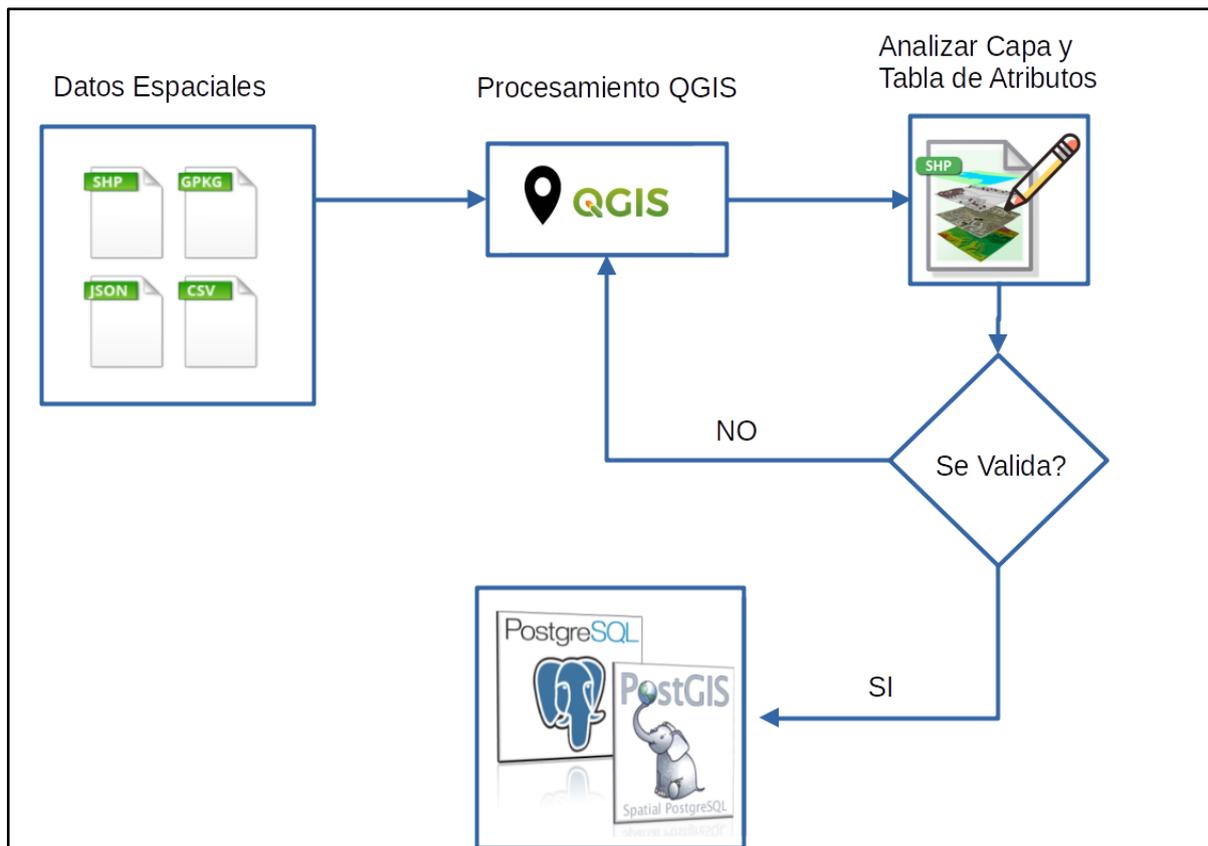


Figura 10 - Carga inicial de datos espaciales (Elaboración propia)

Para cargas de datos alfanuméricos asociados a los espaciales se sugiere seguir el esquema de la figura 11.

³¹ Se puede traducir como área de *pruebas* o área de *ensayo*

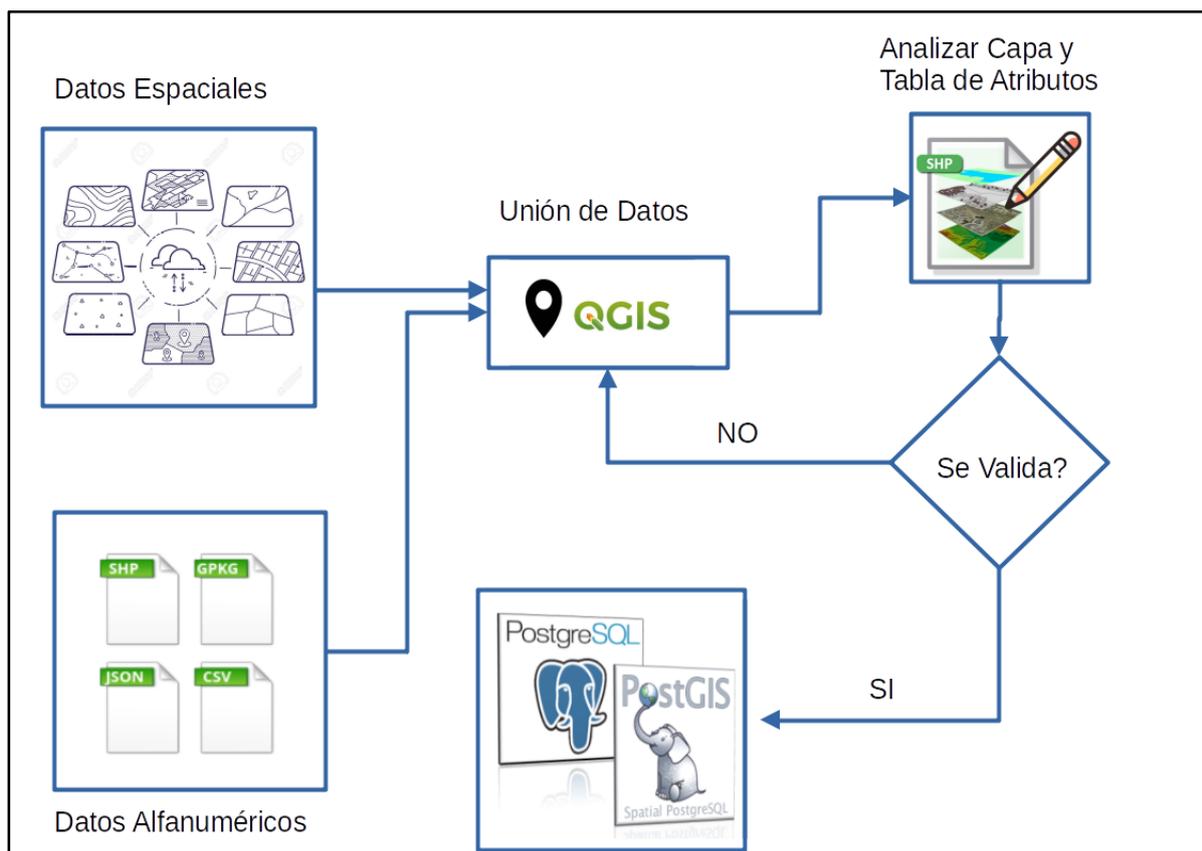


Figura 11 - Carga inicial de datos espaciales y alfanuméricos (Elaboración propia)

Las cargas incrementales tienen como utilidad ir evaluando, en base al modelo planteado, la visualización de los datos y su representación. Es considerada una etapa para planificar la capacitación del personal involucrado en el desarrollo, análisis y mantenimiento de la información y de los responsables de la base de datos geográfica.

En esta etapa se realizan, si corresponde, las correcciones pertinentes al sistema en parte o en su totalidad, las que serán debidamente documentadas luego de ser validadas. A modo de ejemplo se pueden citar actividades como la validación de geometrías, la exactitud posicional, entre otros. Es una buena práctica acompañar las distintas actividades elaborando un manual de procedimiento.

6.4.3.2 Prueba Piloto

Una vez validada la carga inicial de datos se sugiere la elaboración de un piloto básico de aplicación de las herramientas. El mismo puede ser desde la elaboración de un mapa temático, a la simple visualización de información en el territorio con algún criterio de análisis.

En el apartado **7** se desarrollan, a modo de piloto, algunas aplicaciones de estas herramientas para observar sus potencialidades.

6.4.3.3 Mantenimiento de la Información

Como todo sistema de información el mismo debe ser actualizado de forma periódica. En el caso de estudio presentado se considera que las capas básicas de información espacial y datos asociados se deberían revisar para su actualización de forma anual. Se recomienda establecer un procedimiento de actualización de las capas que contemple la incorporación de nuevas temáticas.

En el apartado **8** se sugieren algunos criterios para la elaboración del procedimiento.

6.4.3.4 Perfiles, Costos y Capacitación para la implementación del SIG

En relación a los costos de implementación, los mismos deberán ser calculados para cada una de las etapas.

- Las erogaciones vinculadas a Software tienen costo, salvo que la organización estime conveniente el uso de software no propietario, lo que implicaría una reducción de los costos y un monitoreo continuo de las actualizaciones del mismo.
- Ante el desconocimiento de la infraestructura existente, no aplica el cálculo de este tipo de costos.

No existen modelos únicos de conformación de equipos técnicos de información geográfica, dependerá según su tamaño, su ubicación funcional y el tipo de aplicaciones y trabajos. Sin embargo, es vital para el buen funcionamiento, definir claramente el equipo mínimo de personas que posibilite llevar adelante el desarrollo y el mantenimiento del SIG.

En todas las etapas es necesario contar con perfiles en el área de sistemas de información geográfica para las actividades de planificación, carga, análisis y mantenimiento de los datos.

Se requiere que otros perfiles de la organización, vinculados a tecnologías de la información (base de datos, redes e infraestructura), coordinen con los referentes del SIG y los usuarios finales en la implantación, mantenimiento y soporte de las herramientas.

Se sugiere que el equipo básico esté conformado según el siguiente detalle, al que se le anexa un costo aproximado de horas para desarrollo del SIG:

Profesional que emplea las herramientas SIG para proporcionar una mejor comprensión de ciertas variables en una ubicación geográfica determinada. Extrae datos del software SIG y utiliza diversos métodos de análisis para llegar a los resultados. Recomienda estrategias reaccionarias apropiadas en respuesta al análisis SIG. Proporciona mapas y conjuntos de datos a los clientes para complementar el análisis. Conocedor de software y tecnología SIG. Trabaja en conjunto con dibujantes CAD y técnicos.

- Dos técnicos con perfil geomático, cada uno con una carga horaria de 120 horas mensuales, con un mínimo de 6 meses cumpliendo tareas de:
 - Análisis SIG, obteniendo datos del sistema utilizando distintos métodos para la producción de resultados. Proporcionar información para la confección de mapas e informes.
 - Producción, confeccionar cartografía con la información que el sistema provee.
- Un técnico con perfil informático, con una carga horaria de 120 horas mensuales, con un mínimo de 6 meses con tareas de:
 - Desarrollo e instalación de la base de datos, su integridad y la calidad de los datos. Interoperabilidad con el resto de los sistemas de la organización.

Es deseable que los perfiles mencionados se mantengan en el tiempo para dar continuidad, mantenimiento, disponibilidad y contingencia tanto al SIG como a la base de datos.

En cuanto a la capacitación de los distintos consumidores finales que se vinculan al sistema, tales como tomadores de decisiones, los que utilizan insumos producidos por el sistema (cartografía, informes, etc.) o cualquier otro tipo de vínculo, es aconsejable que se formen en las herramientas de escritorio, para la explotación de la información geográfica de acuerdo a sus necesidades.

7 - POTENCIALIDADES DE LA HERRAMIENTA

Como forma de compartir las potencialidades que tienen estas herramientas de análisis espacial se simularán dos actividades. Las mismas son parte de escenarios planificados por la DAL pero que no han sido desarrolladas hasta el momento por no contar con las herramientas de análisis adecuadas.

Se expondrán, sin demasiado desarrollo, funcionalidades de las herramientas de información como forma de ofrecer a la DAL las potencialidades del análisis espacial con los SIG.

Para enriquecer estos pilotos incorporamos la información vinculada a la red vial y sus costos de recorrido, como condición previa a los análisis de recorridos o áreas de influencia de los locales escolares. Se adicionan algunas capas base³² referidas a departamentos y sus límites administrativos, localidades y caminería, así como la capa de servicios que representa a los destacamentos de bomberos como parte del escenario de simulación.

Se utilizará una herramienta de software libre (QGIS) y otra propietaria (Arcgis) como herramientas de análisis y simulación de conexión a la base de datos, para exponer que no existe preferencia respecto de las capacidades de las mismas.

³² Capas de uso general, generalmente elaboradas con técnicas fotogramétricas de precisión.

7.1 CASO - ANÁLISIS DE UN NUEVO PUNTO DE ENTREGA

Para esta **simulación** se supondrá:

- Necesidad de la organización
- Enunciado del problema
- Criterios de localización

En ocasiones en logística, es necesario analizar la ubicación de un nuevo punto de entrega. En el marco del trabajo realizado con el Departamento de Almacenes y Distribución de la División Adquisiciones y Logística de la DGEIP, se identificó la oportunidad de estudiar la posible localización de un nuevo polo de distribución, tomando en cuenta la nueva regionalización establecida por ANEP.

Esta nueva ubicación, independientemente de si su gestión será descentralizada o no, debe ser tal que implique una mejora en los tiempos y costos de distribución.

En este caso se tomará la regionalización establecida por la ANEP en el año 2020 y específicamente se elegirá como región de estudio el área denominada Litoral Norte, que comprende los departamentos de Artigas, Salto y Paysandú.

Enunciado

“Por parte de la Dirección General de Educación Inicial y Primaria se desea establecer, como forma de mejorar el proceso de distribución, un nuevo depósito de materiales en la región Litoral Norte. El mismo debe cumplir los siguientes criterios para su ubicación:

- 1 *Que esté ubicado lo más cerca posible del punto equidistante a las escuelas comprendidas en toda la región.*
- 2 *Que no esté ubicado a más de 2 kilómetros de un destacamento de bomberos*
- 3 *Que no esté ubicado a más de 2 kilómetros de un camino, ruta o corredor*
- 4 *Que no esté ubicado a más de 3 kilómetros de una localidad*

Se agrega un conjunto de prioridades que se detallan de la siguiente manera:

- *El criterio 1 es prioritario respecto del criterio 2*
- *El criterio 1 es prioritario respecto del criterio 3*
- *El criterio 1 es igual de prioritario que el criterio 4*

Establecidos los criterios y sus priorizaciones se realizará primero el análisis de los datos. Para ello se cargará, desde la base, las capas necesarias de acuerdo al enunciado.

Se cargarán las capas base en la región Litoral Norte:

- región
- escuelas
- caminería
- localidades
- destacamentos de bomberos³³

Se calculará el punto centro de gravedad de la capa de las escuelas para tener una referencia de equidistancia a los locales.

Cargadas las capas en la herramienta se visualizará la información en la herramienta, como se observa en la figura 12

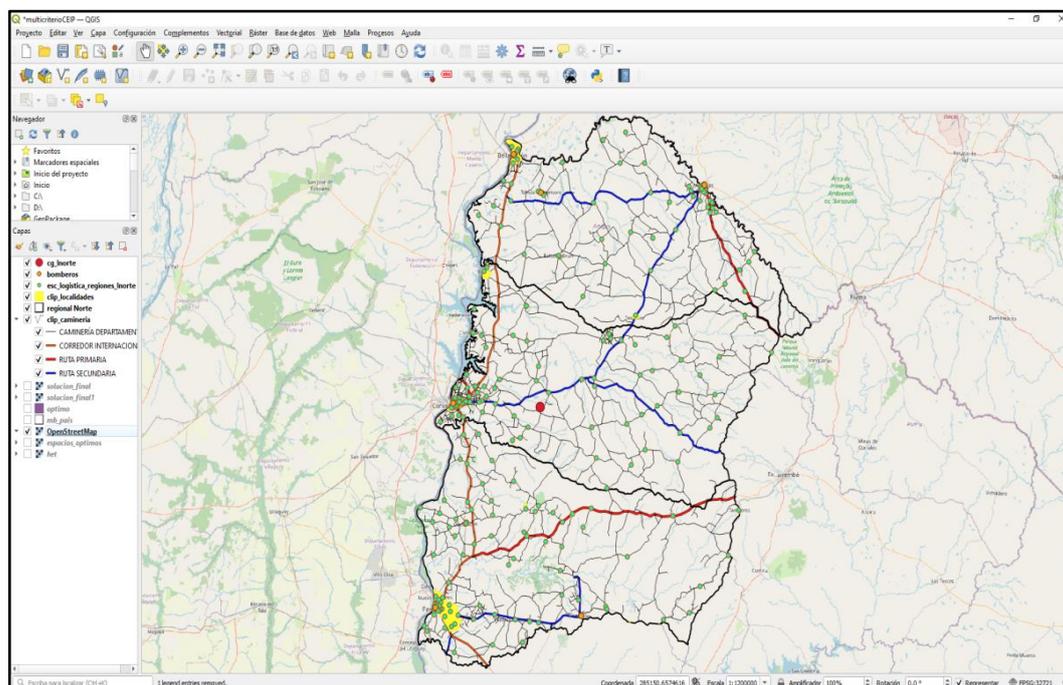


Figura 12 - Capas (vista en la herramienta)

Visualizadas las capas se decide realizar un análisis, que contemple los criterios establecidos, para quedarnos con el área (o las áreas) del territorio donde se cumplen todas las perspectivas de localización. Para la ponderación de los criterios se aplicará la escala de Saaty³⁴.

Luego se deben transformar las capas vectoriales y realizar lo que se conoce como álgebra de mapas³⁵.

³³ Descargado del Catálogo elaborado por Gobierno Abierto de AGESIC en el área de Ciudadanía Digital (<https://catalogodatos.gub.uy/dataset/tic-ministerio-del-interior-destacamentos-d-n-b>)

³⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_L._Saaty

³⁵ El álgebra de mapas es la estrategia principal para obtener una capa de salida a partir de la combinación de múltiples capas de entrada que son procesadas por medio de una operación o algoritmo. No se detallan los mismos por no ser la temática central de este trabajo.

Solución:

En la figura 13, se puede observar el resultado intermedio y en la figura 14 se visualiza la solución final, que está definida por las regiones que se aprecian con una tonalidad verde.

En las salidas de mapa se tienen como resultados óptimos las ubicaciones en las localidades de: Salto, Tomas Gomensoro, Paysandú y Guichón.

Se debe valorar la que cumple con la mayoría de los criterios, lo que sugiere que la localidad de Salto es la que “mejor” se ajusta a las condiciones ya que cumple los criterios 2, 3, 4 y es la que se aproxima mejor al criterio 1 (punto equidistante a las escuelas)

Esto permite establecer como resultado final que la localidad de Salto, de acuerdo a los criterios planteados, es la mejor ubicación para un nuevo local de depósito en la Región Litoral Norte.

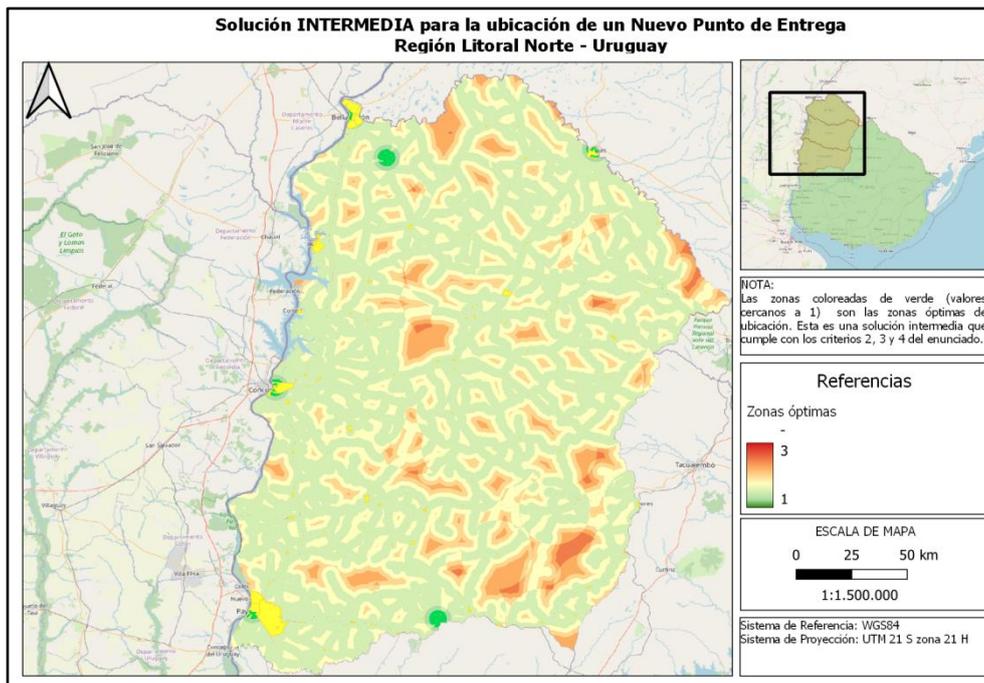


Figura 13 - Paso Intermedio de análisis (Salida de mapa - Elaboración propia)

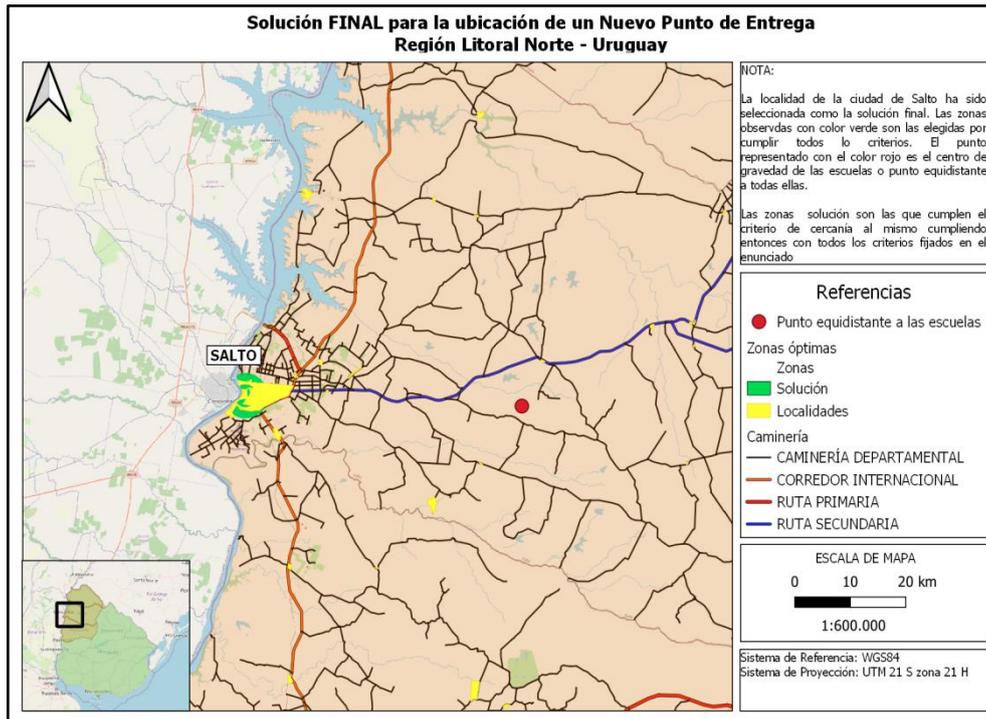


Figura 14 - Solución Final del análisis (Salida de mapa - Elaboración propia)

7.2 CASO - RUTAS DE ENTREGA

Para esta **simulación** se supondrá:

- Necesidad de la organización
- Enunciado del problema

Se quiere comparar la ruta recorrida por 1 vehículo desde el depósito Central a las 28 escuelas de Montevideo pertenecientes a la zona N° 9 de Distribución, contra las rutas recorridas por 4 vehículos desde los distintos depósitos a las mismas escuelas. Con la condición de asignar un vehículo a cada local de almacenamiento.

Se quiere obtener los costos de distribución en tiempo y distancia.

Enunciado

“Por parte de la Dirección General de Educación Inicial y Primaria (DGEIP) se desea comparar en tiempos y recorridos las siguientes modalidades de entrega:

- 1 *Un vehículo sale del depósito central y recorre la zona de distribución de Montevideo N° 9.*
- 2 *De cada uno de los cuatro depósitos de la DGEIP en Montevideo, parte un vehículo, que recorren la zona de distribución N° 9.*

Las entregas tienen las siguientes condiciones para cumplir:

- *El tiempo de las entregas no puede superar las 8 horas.*
- *La carga en depósito no puede superar los 60 minutos*
- *La descarga en las escuelas no puede superar los 20 minutos*

Para comenzar a analizar este enunciado se cargarán, desde la base, las capas:

- depósitos
- escuelas de la zona N° 9 de distribución
- red vial a la que se le incorporaron la longitud de los ejes y el tiempo que se demora en recorrerlos, como campos de costo.

La carga de la malla vial, implica la creación de los atributos dentro de la red que permitan incorporar, el sentido de recorrido de las vías y calcular los costos de recorrido en unidades de tiempo y longitud. Una vez cumplida la construcción de la red, se la puede observar en la figura 15 junto a las capas de origen (depósitos) y destino (escuelas) desplegadas en el mapa.

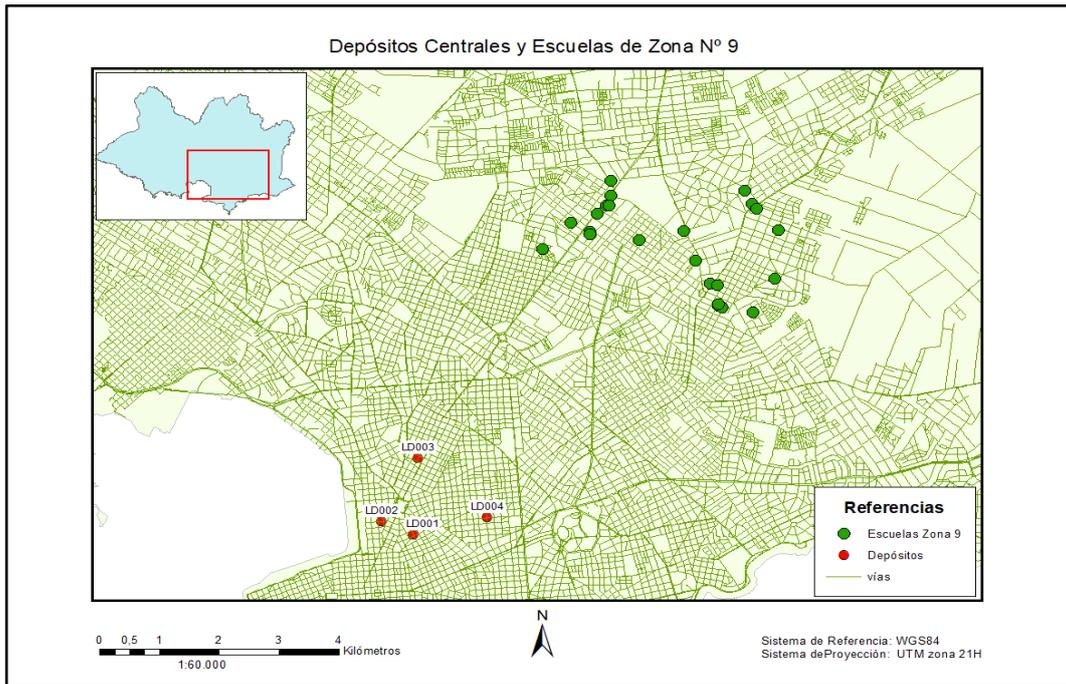


Figura 15 - Depósitos, escuelas y red vial. (Salida de mapa - Elaboración propia)

Se realiza el análisis de la ruta en la modalidad 1 como se puede ver en la figura 16

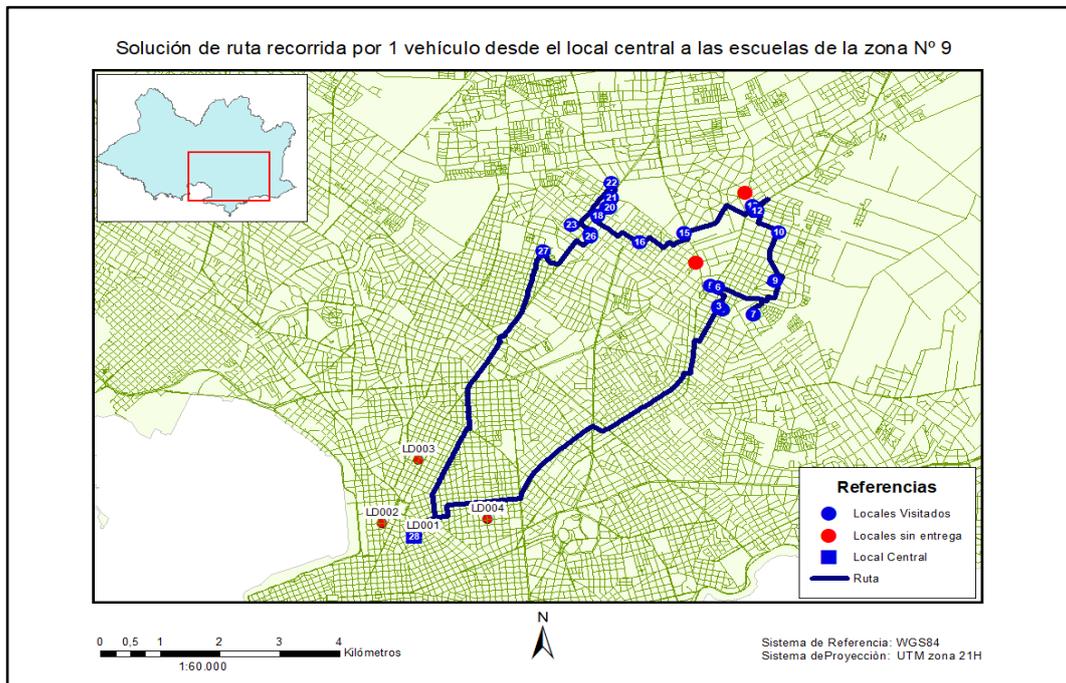


Figura 16 - Ruta calculada para la modalidad 1 (Salida de mapa - Elaboración propia)

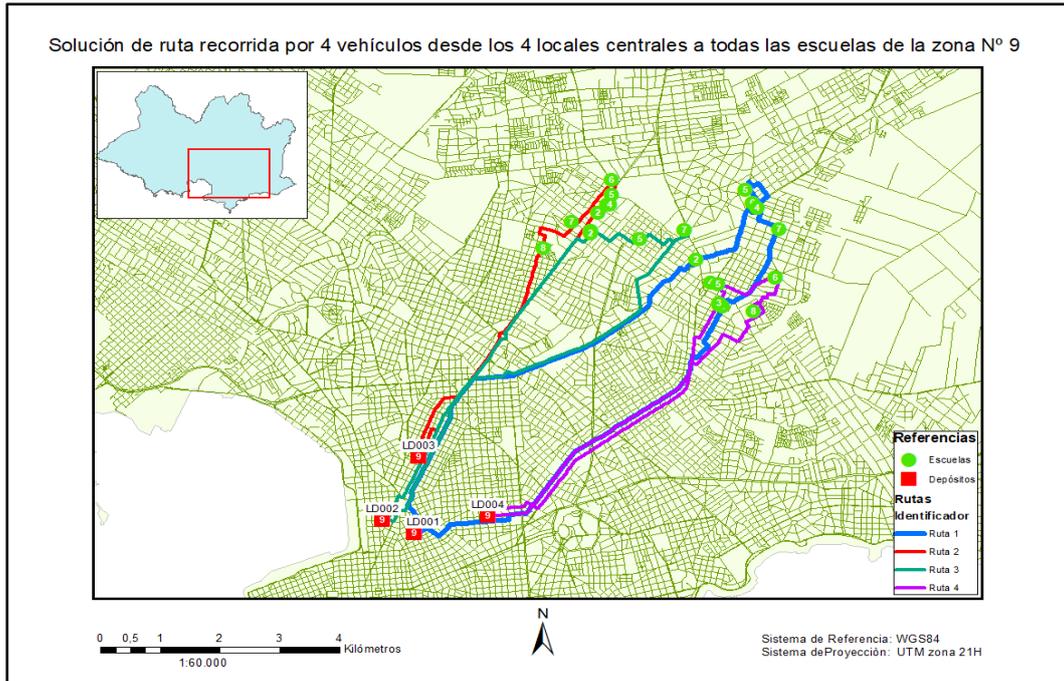


Figura 17 - Ruta calculada para la modalidad 2. (Salida de mapa - Elaboración propia)

En la figura 17 se puede observar las rutas establecidas para la modalidad 2.

Análisis de costo de recorridos

Costo ruta única					
Vehículo	Origen	Destino	Distancia total (metros)	Tiempo Total (minutos)	Tiempo de Servicio (minutos)
1	Depósito Central	Depósito Central	27812	470	390
1 (segunda vuelta)	Depósito Central	Depósito Central	14500	95,83	40
Costo ruta múltiple					
Vehículo	Origen	Destino	Distancia total (metros)	Tiempo Total (minutos)	Tiempo de Servicio (minutos)
1	Depósito Central	Depósito Central	21698	179	105
2	Anexo Marcelino Sosa	Anexo Marcelino Sosa	13996	170	105
3	Anexo Nicaragua	Anexo Nicaragua	17471	174	105
4	Depósito PAEMFE	Depósito PAEMFE	16278	173	105

Cuadro 3 - Matriz de costos (Elaboración propia).

En el cuadro 3 se puede observar la matriz de costos de recorrido, esto permite concluir a modo de resultado que:

- Modalidad 1; de acuerdo a este estudio, y las condiciones impuestas en la simulación, 2 de las 28 escuelas quedan fuera del recorrido (en rojo en la figura 16).

Si se decidiera realizar las entregas al día siguiente, u en otro momento, a las 2 escuelas que quedaron rezagadas, se consumiría 95.83 minutos y se debería consumir una distancia de 14.5 kilómetros en el recorrido cerrado (ida y vuelta).

- Modalidad 2; las escuelas son visitadas en su totalidad.

Los tiempos de recorrido en la modalidad 2 son alrededor de 38% del tiempo consumido en el recorrido de la modalidad 1, lo que supone alrededor de 4,85 horas menos de tiempo utilizado por vehículo.

En este ahorro de costo temporal están incluidos los minutos consumidos, en los tiempos de servicio (minutos utilizados para la descarga en cada una de las escuelas).

8 - PROCEDIMIENTO DE ACTUALIZACIÓN

La actualización de la nomenclatura y de la matrícula de Educación Pública la lleva adelante el Departamento de Estadística Educativa. Para ello se realizan dos procedimientos:

i) Nomenclatura

Se realiza relevamiento a través de la Inspección Técnica, a las Inspecciones Nacionales de Práctica, de Educación Inicial y de Educación Especial, junto a los programas (Tiempo Completo, Tiempo Extendido, APRENDER -Atención Prioritaria en Entornos con Dificultades Estructurales Relativas-) y Departamento de Educación Rural, para la actualización de las categorías de las escuelas, ante posibles modificaciones. Se contemplan posibles traslados, fusiones, cierres, clausuras y/o aperturas de nuevas escuelas o jardines de infantes. Se incorporan las modificaciones y se difunde en el sitio web oficial.

ii) Matrícula

Con fines estadísticos, el Departamento realiza entre otras actividades el relevamiento (utilizando como fuente de datos al sistema de Gestión Unificada de Registros e Información -GURI-) y procesamiento de datos de la matrícula inicial y final (de cada año). Ello permite la elaboración de boletines estadísticos de alumnos matriculados de las distintas áreas que integran la educación formal Primaria Pública y Privada, a saber: Educación Inicial, Educación Común y Educación Especial. Éstos, son de gran insumo para la Administración, por ser las estadísticas oficiales del organismo.

9 - CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES

En este trabajo se han analizado todos los componentes, desde los vinculados a la temática espacial, hasta los asociados con procedimientos administrativos.

Reunidos todos los elementos se describen, a modo de conclusiones, las siguientes puntualizaciones:

- 1 El análisis para el desarrollo e implantación de un SIG, desde la teoría, permitió identificar los objetos y sus relaciones, la forma de modelarlos y las fortalezas de las herramientas. La metodología de desarrollo del SIG que se propone, permite la administración de la información geográfica que mejoraría la gestión de la distribución, en el contexto de la DAL.
- 2 La simulación del análisis espacial a partir de las herramientas que se sugieren, ha evidenciado las potencialidades de la implantación de un SIG en el contexto de la logística.
- 3 La elaboración del procedimiento propuesto para la actualización de la información geográfica, en el ámbito de la DAL, permite la persistencia de los datos para su reutilización y/o su reingeniería.

Como complemento de lo anteriormente mencionado, se estima conveniente realizar las siguientes consideraciones:

- I Identificados, en los procedimientos administrativos, los distintos puntos débiles del negocio se sugieren, de acuerdo a lo relevado:
 - a. Mejorar los procedimientos de ingreso y egreso de los pedidos, así como la devolución de estado del trámite al solicitante.
 - b. Protocolizar la entrega de bienes que permita estimar las necesidades de espacios físicos y planificación de las entregas con anticipación, lo que implica una mejora en la gestión del propio proceso de distribución, la gestión de stock y en la logística inversa.
 - c. Retomar las recomendaciones administrativas generales planteadas en el documento *Informe 1-18: Gestión Logística de la División Adquisiciones y Logística*, elaborado por la propia dependencia y su asesoría en Logística.
- II Establecer mecanismos que permitan obtener los waypoints³⁶ para realizar el seguimiento (tracking) de la flota y su ubicación en tiempo real. Lo que permitirá realizar una retroalimentación de la información para su posterior análisis.

³⁶ Los waypoints son coordenadas para ubicar puntos de referencia tridimensionales utilizados en la navegación basada en el sistema global de navegación por satélite. Los waypoints se emplean para trazar rutas mediante agregación secuencial de puntos.

- III Optimizar la distribución, estableciendo giras fijas, pero flexibles de acuerdo a la demanda, con el objetivo que haya anticipación y comunicación, para una distribución más eficiente.
- IV Se recomienda la capacitación del capital humano en la herramienta QGIS Desktop ya que este aplicativo cuenta con una curva de aprendizaje “plana”³⁷ y con abundante documentación y ejemplos en la web.
- V Para una primera fase se sugiere, salvo mejor opinión, la utilización del SIG en la modalidad Desktop, es decir consumir la información geográfica a partir de herramientas de escritorio. Una vez validado el mismo se podrá evolucionar de forma incremental a otro tipo de modalidades, como por ejemplo Web Mapping

³⁷ Coloquialmente se dice “plana” si la herramienta presenta un aprendizaje fácil y eficiente.

10 – REFLEXIONES

1. En el entendido de que este trabajo es una propuesta teórica y fundamentalmente académica se sugiere dejar abierta la posibilidad de que en estudios posteriores se aborde el tema tratado, empleando metodologías diferentes e incluso disciplinas diferentes.
2. Desde el punto de vista académico se debe insistir sobre la importancia de seguir investigando sobre el tema SIG y logística e invitar, a las áreas de conocimiento vinculadas a la geomática (cartografía, geografía, ingeniería), a incorporar esta temática en talleres, instancias prácticas y en la promoción de futuras investigaciones.
3. Cabe destacar que esta propuesta, no implica la responsabilidad de desarrollar o implementar ninguna de las herramientas y/o procedimientos sugeridos. Por lo tanto, no existe ningún compromiso por parte del organismo, de los autores, ni del ámbito académico donde se desarrolla este trabajo, de darle cumplimiento en parte o en su totalidad.
4. Desde lo personal, la elaboración de este trabajo nos dio la oportunidad de incursionar en un área como la Logística, en la que ambos éramos totalmente legos. Desde ese punto de vista, esta experiencia ha sido enriquecedora ya que nos ha permitido planificar y desarrollar este proyecto en un ámbito interdisciplinario. Esto nos impulsó a adquirir el conocimiento básico de esta disciplina, a través de distinta bibliografía y del contacto con expertos.

11 – BIBLIOGRAFÍA

Barriga Vargas R., Andrade Leiva C., Lazo J.M., 2012. Almacenamiento de la Información Geográfica. En: Bernabé-Poveda, M.A., y López-Vázquez, C.M., *Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales*. Madrid: UPM-Press, Serie Científica. ISBN: 978-84-939196-6-5, pp. 107 -116

Botella Plana A., Camps Paré R., Muñoz Bollas A., 2009. *Bases de datos geográficas*. Catalunya. Universitat Oberta de Catalunya. PID_00153925

Calvo Melero, M. 2011. *Geo-conceptualización y modelado del espacio geográfico: Modelización del espacio geográfico y Visualización Científica basada en Componentes: validación y aplicaciones*. Editorial Academia Española. ISBN 10: 3846563676

Chang K. 2019. *Introduction to Geographic Information System*. McGraw Hill Higher Education 9th Edition. ISBN10: 1259929647

Deepika S., Chirag S., Darshit S., 2016. *Comparing Oracle Spatial and Postgres PostGIS*. Volume 7- Nirma University

Olaya, V. 2020. *Sistemas de Información Geográfica*. ISBN: 978-1-71677-766-0

12 – SITIOS WEB VISITADOS

[Acevedo, R. \(2020\). Instituto Panamericano de Historia y Geografía \(IPGH\): https://www.youtube.com/watch?v=MBWPa88V25Y](https://www.youtube.com/watch?v=MBWPa88V25Y)

Administración Nacional de Educación Pública

- Monitor Educativo: <http://www.anep.edu.uy/monitor/servlet/portada>
- Circular N°28/2020: <https://www.anep.edu.uy/sites/default/files/Circular%20N%C2%B0%2028%20-2020.pdf>

Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información y del Conocimiento <https://centroderecursos.agesic.gub.uy/web/arquitectura-de-referencia-de-datos-geograficos/>

Catálogo de Datos Abiertos: <https://catalogodatos.gub.uy/>

Carto, Location Intelligence: <https://carto.com/location-intelligence/>

Dirección General de Educación Inicial y Primaria:

- Inspecciones Departamentales: <https://www.dgeip.edu.uy/inspecciones/inspecciones-departamentales/>

- Nomenclatura de Escuelas Públicas:
<https://www.dgeip.edu.uy/listado-escuelas-publicas/>
- GURI Mapas:
<http://desarrollo.guri.edu.uy/GuriMapas/index.xhtml>

Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales (IMPO):

- Ley N° 19.179 (Software libre)
<http://www.impo.com.uy/bases/leyes/19179-2013>
- Decreto Reglamentario 44/015
<https://www.impo.com.uy/bases/decretos/44-2015>

Esri: <https://www.esri.com/en-us/location-intelligence>

Geofabrik: <https://download.geofabrik.de/>

Geographica: <https://geographica.com/es/>

GEOJSON: <https://geojson.org/>

Geospatial Analysis: <https://spatialanalysisonline.com/>

Google Cloud: <https://cloud.google.com/maps-platform/pricing?hl=es>

gvSIG: <http://www.gvsig.com/es/productos/gvsig-desktop/descargas>

Infraestructura de Datos Espaciales de Uruguay:

- Recomendaciones: <https://www.gub.uy/infraestructura-datos-espaciales/politicas-y-gestion/recomendaciones-2>
- Documento Sistema de Referencia y Proyecciones:
https://www.gub.uy/infraestructura-datos-espaciales/sites/infraestructura-datos-espaciales/files/2019-04/Sistema_Referencia_Proyecciones.pdf

Mapping. Revista Internacional de Geomática y Ciencias de la Tierra:
<https://revistamapping.com/>

Ministerio de Desarrollo Social: <https://mapas.mides.gub.uy/>

Ministerio del Interior: <https://catalogodatos.gub.uy/dataset/tic-ministerio-del-interior-destacamentos-d-n-b>

MongoDB: <https://www.mongodb.com/es/what-is-mongodb>

Mundo GEO: <https://mundogeo.com/es/>

Norma ISO 19110:2016: <https://www.iso.org/standard/57303.html>

NoSQL: <https://es.wikipedia.org/wiki/NoSQL>

Open Source Initiative: <https://opensource.org/licenses/gpl-2.0.php>

Open Geospatial Consortium: <https://www.opengeospatial.org>

Pemberton Levy H.(2015): <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/add-location-to-your-analytics/>

pgRouting: <https://pgrouting.org/download.html>

PostGIS: <https://postgis.net/>

QGIS: <https://qgis.org/es/site/forusers/download.html>

Saaty T.: https://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_L._Saaty

ANEXO – CATÁLOGO DE OBJETOS

OBJETO	ESCUELAS				
NOMBRE	Escuelas			CÓDIGO	1001
DEFINICIÓN	Locales del Sistema de Educación Pública Inicial y Primaria				
TEMA	LOGÍSTICA – 1				
GRUPO	INFRAESTRUCTURA – 00				
RESPONSABLE	DEPENDENCIA	Departamento de Estadística Educativa		CIUDAD	Montevideo
	CARGO	Técnico		DEPARTAMENTO	Montevideo
	PERFIL	Crea, Actualiza		EMAIL	
	UBICACIÓN	Planta Baja Edificio Central		TELÉFONO	2916 0257

ATRIBUTOS					
NOMBRE	DEFINICIÓN	CÓDIGO	TIPO	DOMINIO	
oid	Identificador único de escuelas	100101	int8	01020001	
nro_escuela	Número de escuela	100102	smallint	01 a 999	
cod_area	Caracteriza la escuela según área (Inicial, Común, Especial, Artística)	100103	character(7)		
cod_inspección	Código de la Inspección	100104	integer		
cod_zona	Característica de la escuela como urbana o rural	100105	smallint		
cod_categoria	Caracteriza la escuela según categoría	100106	smallint		
id_geográfica	Identifica una dirección geográfica única	100107	integer		
telefono	Teléfono del local	100108	character(15)		
comparte	indica si comparte el local con otra escuela	100109	smallint		
cod_región	indica región administrativa fijada por ANEP	100110	smallint		
cod_zonadistribuye	indica a que zona de distribución esta asignada por la dirección de logística	100111	smallint		
cod_turno	Característica del turno	100112	smallint		

RELACIONES			
Entidad1 <Relación> Entidad2	Descripción	Cardinalidad E1:E2	
Escuela <contenida> region	una escuela pertenece a una región	1..N:1	
Escuela <contenida> inspeccion	una escuela pertenece a una inspeccion	1..N:1	
Escuela <tiene> turno	una escuela tiene uno o varios turnos	1..N:1..N	
Escuela <contenida> zonadistribuye	una escuela pertenece a una zona de distribución	1..N:1	
Escuela <contenida> área	una escuela pertenece a una área	1..N:1	
Escuela <contenida> zona	una escuela pertenece a una zona de distribución	1..N:1	
Escuela <tiene> categoría	una escuela tiene una categoría	1..N:1	
Escuela <tiene> geografia	una escuela tiene una geografia	1..N:1	
ESCALA	SÍMBOLO	TAMAÑO	COLOR HEX
Todas	Punto	2	3383ff

OBJETO	GEOGRAFIA				
NOMBRE	geografia			CÓDIGO	1002
DEFINICIÓN	Direcciones geográficas de infraestructura física				
TEMA	LOGÍSTICA – 1				
GRUPO	INFRAESTRUCTURA – 00				
RESPONSABLE	DEPENDENCIA	IDEUY – en base a Correo Uruguayo		CIUDAD	Montevideo
	CARGO	Técnico		DEPARTAMENTO	Montevideo
	PERFIL	Crea, Actualiza		EMAIL	
	UBICACIÓN	Anexo Torre Ejecutiva		TELÉFONO	

ATRIBUTOS					
NOMBRE	DEFINICIÓN	CÓDIGO	TIPO	DOMINIO	
id_geografica	Identificador único de ubicación	100201	integer		
geom	geometria	100202	geometry		
latitud	latitud geografica en el sistemas EPSG 4326	100203	double precision	entre 30º y 35º	
longitud	longitud geografica en el sistemas EPSG 4326	100204	double precision	entre 53º y 58º	
cod_postal	codigo postal del correo uruguayo	100205	integer		
cod_via	codigo unico de calle	100206	int8		
nombre_via	nombre de calle	100207	character(40)		
num_puerta	numero de puerta	100208	smallint		
letra_puerta	letra de puerta	100209	character(6)		
km	numero de kilometro	100210	integer		
manzana	numero o letra de manzana catastral	100211	character(6)		
nombre_inmueble	nombre que identifica al inmueble	100212	character(30)		
cod_localcompuesto	codigo de localidad Instituto Nacional de Estadistica	100213	integer		
cod_departamento	codigo departamento Instituto Nacional de Estadistica	100214	integer		
cord_x	coordenada X en la proyeccion UTM 21 Sur	100215	double precision	Entre 357511.48 y 861732.62	
cord_y	coordenada Y en la proyeccion UTM 21 Sur	100216	double precision	Entre 6132541.08 y 6674461.00	
piso	denominacion del piso o nivel	100217	smallint		
apartamento	identificador del apartamento o numero de unidad habitacional	100218	character(3)		
fecha_actualiza	fecha de actualizacion del objeto	100219	date		
cod_barrio	codigo de barrio	100220	smallint		

RELACIONES			
Entidad1 <Relación> Entidad2	Descripción	Cardinalidad E1:E2	
geografia <pertenece> localidad	una geografia pertenece a una localidad	1..N:1	
geografia <contiene> una via	una geografia contiene vias	1..N:1	
geografia <pertenece> barrio	una geografia pertenece a un barrio	1..N:1	
geografia <pertenece> departamento	una geografia pertenece a un departamento	1..N:1	
ESCALA	SÍMBOLO	TAMAÑO	COLOR HEX
Todas	punto	2	3383ff

OBJETO		INSPECCION			
NOMBRE	Inspeccion			CÓDIGO	1003
DEFINICIÓN	Locales de las inspecciones departamentales				
TEMA	LOGÍSTICA – 1				
GRUPO	INFRAESTRUCTURA – 00				
RESPONSABLE	DEPENDENCIA	Dirección General de Educación Inicial y Primaria		CIUDAD	Montevideo
	CARGO	Técnico		DEPARTAMENTO	Montevideo
	PERFIL	Crea, Actualiza		EMAIL	
	UBICACIÓN	Juan Carlos Gómez 1314		TELÉFONO	2916 0257
ATRIBUTOS					
NOMBRE	DEFINICIÓN	CÓDIGO	TIPO	DOMINIO	
cod_inspeccion	Identificador único de inspeccion	100301	character(7)		
nom_inspeccion	código de inspeccion	100302	character(30)		
id_geografica	direccion geografica de la inspeccion	100303	character varying(30)		
RELACIONES					
Entidad1 <Relación> Entidad2	Descripción	Cardinalidad E1:E2			
inspeccion <contiene> geografía	una inspeccion contiene una geografía	1:1			
ESCALA	SÍMBOLO	TAMAÑO	COLOR HEX		
Todas	Punto	2	3383ff		
OBJETO		DEPOSITO			
NOMBRE	Deposito			CÓDIGO	1004
DEFINICIÓN	Locales de almacenamiento de bienes materiales				
TEMA	LOGÍSTICA – 1				
GRUPO	INFRAESTRUCTURA – 00				
RESPONSABLE	DEPENDENCIA	División Adquisiciones y logística		CIUDAD	Montevideo
	CARGO	Técnico		DEPARTAMENTO	Montevideo
	PERFIL	Crea, Actualiza		EMAIL	
	UBICACIÓN	Juan Carlos Gómez 1314		TELÉFONO	2916 0257
ATRIBUTOS					
NOMBRE	DEFINICIÓN	CÓDIGO	TIPO	DOMINIO	
cod_deposito	Identificador único del deposito	100401	character(7)		
nom_deposito	Nombre de deposito	100402	character(30)		
id_geografica	Direccion geografica del deposito	100403	character varying(30)		
telefono	Telefono	100404	character(15)		
RELACIONES					
Entidad1 <Relación> Entidad2	Descripción	Cardinalidad E1:E2			
deposito <contiene> geografía	un deposito contiene una geografía	1:1			
ESCALA	SÍMBOLO	TAMAÑO	COLOR HEX		
Todas	Punto	2	3383ff		
OBJETO		DEPARTAMENTO			
NOMBRE	Departamentos			CÓDIGO	1201
DEFINICIÓN	Departamentos de la división administrativa de la Republica Oriental del Uruguay				
TEMA	LOGÍSTICA – 1				
GRUPO	ADMINISTRACIÓN – 20				
RESPONSABLE	DEPENDENCIA	Instituto Nacional de Estadística		CIUDAD	Montevideo
	CARGO	Técnico		DEPARTAMENTO	Montevideo
	PERFIL	Crea, Actualiza		EMAIL	
	UBICACIÓN	Anexo Torre Ejecutiva		TELÉFONO	
ATRIBUTOS					
NOMBRE	DEFINICIÓN	CÓDIGO	TIPO	DOMINIO	
cod_departamento	Identificador único de departamento	120101	integer		
nom_departamento	nombre de departamento	120102	character(30)		
cod_ine	codigo INE	120103	integer		
cod_correo	codigo Correo uruguayo	120104	integer		
cod_iso	codigo ISO	120105	integer		
area	superficie en km cuadrados	120106	double precision		
perimetro	longitud del perimetro en metros	120107	double precision		
geom	geometria	120108	geometry		
RELACIONES					
Entidad1 <Relación> Entidad2	Descripción	Cardinalidad E1:E2			
departamento <contiene> geografía	una departamento contiene varias geografías	1:1..N			
departamento <contiene> localidades	una departamento contiene varias localidades	1:1..N			
ESCALA	SÍMBOLO	TAMAÑO	COLOR HEX		
Todas	Poligono		3383ff		
OBJETO		LOCALIDADES			
NOMBRE	Localidades			CÓDIGO	1202
DEFINICIÓN	Localidades de la división administrativa de la República Oriental del Uruguay				
TEMA	LOGÍSTICA – 1				
GRUPO	ADMINISTRACIÓN – 20				
RESPONSABLE	DEPENDENCIA	Instituto Nacional de Estadística		CIUDAD	Montevideo
	CARGO	Técnico		DEPARTAMENTO	Montevideo
	PERFIL	Crea, Actualiza		EMAIL	
	UBICACIÓN	Anexo Torre Ejecutiva		TELÉFONO	

ATRIBUTOS				
NOMBRE	DEFINICIÓN	CÓDIGO	TIPO	DOMINIO
cod_localidad	Identificador único de localidad	120201	integer	
nom_localidad	nombre de localidad	120202	character(30)	
cod_ine	codigo INE	120203	integer	
cod_correo	codigo Correo uruguayo	120204	integer	
cod_iso	codigo ISO	120205	integer	
cod_departamento	codigo de departamento	120206	smallint	
area	superficie en km cuadrados	120207	double precision	
perimetro	longitud del perimetro en metros	120208	double precision	
cod_localcompuesto	codigo compuesto por departamento+localidad	120209	integer	
RELACIONES				
Entidad1 <Relación> Entidad2	Descripción	Cardinalidad E1:E2		
localidades <contenida> departamento	una localidad esta contenida en un departamento	1..N:1		
ESCALA	SÍMBOLO	TAMAÑO	COLOR HEX	
Todas	Poligono		3383ff	
OBJETO	AREA			
NOMBRE	Área	CÓDIGO	1203	
DEFINICIÓN	Áreas educativas			
TEMA	LOGÍSTICA – 1			
GRUPO	ADMINISTRACIÓN – 20			
RESPONSABLE	DEPENDENCIA	Dirección General de Educación Inicial y Primaria	CIUDAD	Montevideo
	CARGO	Técnico	DEPARTAMENTO	Montevideo
	PERFIL	Crea, Actualiza	EMAIL	
	UBICACIÓN	Juan Carlos Gómez 1314	TELÉFONO	2916 0257
ATRIBUTOS				
NOMBRE	DEFINICIÓN	CÓDIGO	TIPO	DOMINIO
cod_area	identificador único del área educativa	120301	smallint	
nom_area	nombre de área	120302	character(30)	Artística, campamento, colonia, común, especial, centro, especial
RELACIONES				
Entidad1 <Relación> Entidad2	Descripción	Cardinalidad E1:E2		
area <contiene> escuela	un área contiene una escuela	1:1..N		
ESCALA	SÍMBOLO	TAMAÑO	COLOR HEX	
Todas	Poligono		3383ff	
OBJETO	REGION			
NOMBRE	Region	CÓDIGO	1204	
DEFINICIÓN	Regionalización administrativa definida por la ANEP			
TEMA	LOGÍSTICA – 1			
GRUPO	ADMINISTRACIÓN – 20			
RESPONSABLE	DEPENDENCIA	ANEP	CIUDAD	Montevideo
	CARGO	Técnico	DEPARTAMENTO	Montevideo
	PERFIL	Crea, Actualiza	EMAIL	
	UBICACIÓN	Av. Libertador 1409	TELÉFONO	2900 7070
ATRIBUTOS				
NOMBRE	DEFINICIÓN	CÓDIGO	TIPO	DOMINIO
cod_region	identificador único de la region	120401	smallint	
nom_region	nombre de la region	120402	character(30)	centro, este, noreste, litoral norte, litoral sur, metropolitana
cod_compuesto	codigo coompuesto	120403	character(8)	
area	superficie en km cuadrados	120404	double precision	
perimetro	longitud del perimetro en metros	120405	double precision	
geom	geometria	120406	geometry	
RELACIONES				
Entidad1 <Relación> Entidad2	Descripción	Cardinalidad E1:E2		
region <contiene> escuelas	una region contiene escuelas	1:1..N		
ESCALA	SÍMBOLO	TAMAÑO	COLOR HEX	
Todas	Poligono		3383ff	
OBJETO	ZONA			
NOMBRE	Zona	CÓDIGO	1205	
DEFINICIÓN	Zona Urbana o Rural			
TEMA	LOGÍSTICA – 1			
GRUPO	ADMINISTRACIÓN – 20			
RESPONSABLE	DEPENDENCIA	Dirección General de Educación Inicial y Primaria	CIUDAD	Montevideo
	CARGO	Técnico	DEPARTAMENTO	Montevideo
	PERFIL	Crea, Actualiza	EMAIL	
	UBICACIÓN	Juan Carlos Gómez 1314	TELÉFONO	2916 0257
ATRIBUTOS				
NOMBRE	DEFINICIÓN	CÓDIGO	TIPO	DOMINIO
cod_zona	Identificador único de zona	120501	smallint	
nom_zona	nombre de zona	120502	character(30)	urbana o rural
RELACIONES				
Entidad1 <Relación> Entidad2	Descripción	Cardinalidad E1:E2		
zona <contiene> escuela	una zona contiene escuela	1:1..N		

OBJETO		ZONADISTRIBUYE			
NOMBRE	Zonadistribuye			CÓDIGO	1206
DEFINICIÓN	zonas de distribución de bienes de la Division Logistica				
TEMA	LOGÍSTICA – 1				
GRUPO	ADMINISTRACIÓN – 20				
RESPONSABLE	DEPENDENCIA	División Adquisiciones y logística		CIUDAD	Montevideo
	CARGO	Técnico		DEPARTAMENTO	Montevideo
	PERFIL	Crea, Actualiza		EMAIL	
	UBICACIÓN	Juan Carlos Gómez 1314		TELÉFONO	2916 0257
ATRIBUTOS					
NOMBRE	DEFINICIÓN	CÓDIGO	TIPO	DOMINIO	
cod_zonadistribuye	codigo de la zona	120601	smallint		
nom_zonadistribuye	nombre de la zona	120602	character(30)		
area	area	120603	character(8)		
perimetro	perimetro	120604	double precision		
geom	geometry	120605	double precision		
RELACIONES					
Entidad1 <Relación> Entidad2	Descripción	Cardinalidad E1:E2			
zonadistribuye <contiene> escuelas	una region contiene escuelas	1:1..N			
ESCALA	SÍMBOLO	TAMAÑO	COLOR HEX		
Todas	Polígono		3383ff		
OBJETO		TURNO			
NOMBRE	Turno			CÓDIGO	1207
DEFINICIÓN	Turno de funcionamiento de las escuelas				
TEMA	LOGÍSTICA – 1				
GRUPO	ADMINISTRACIÓN – 20				
RESPONSABLE	DEPENDENCIA	ANEP		CIUDAD	Montevideo
	CARGO	Técnico		DEPARTAMENTO	Montevideo
	PERFIL	Crea, Actualiza		EMAIL	
	UBICACIÓN	Av. Libertador 1409		TELÉFONO	2900 7070
ATRIBUTOS					
NOMBRE	DEFINICIÓN	CÓDIGO	TIPO	DOMINIO	
cod_turno	codigo del turno	120701	smallint		
nom_turno	nombre del turno	120702	character(3)		
alias_turno	abreviatura de nombre del turno	120703	character(30)	C,D,R,T,M,EX,ES	
RELACIONES					
Entidad1 <Relación> Entidad2	Descripción	Cardinalidad E1:E2			
turno <contiene> escuela	un turno contiene escuela	1:1..N			
OBJETO		CATEGORÍA			
NOMBRE	Categoría			CÓDIGO	1208
DEFINICIÓN	Categoría				
TEMA	LOGÍSTICA – 1				
GRUPO	ADMINISTRACIÓN – 20				
RESPONSABLE	DEPENDENCIA	ANEP		CIUDAD	Montevideo
	CARGO	Técnico		DEPARTAMENTO	Montevideo
	PERFIL	Crea, Actualiza		EMAIL	
	UBICACIÓN	Av. Libertador 1409		TELÉFONO	2900 7070
ATRIBUTOS					
NOMBRE	DEFINICIÓN	CÓDIGO	TIPO	DOMINIO	
cod_categoria	código de categoría	120801	smallint		
nom_categoria	nombre de la categoría	120802	character(15)		
alias_categoria	abreviatura de nombre de categoría	120803	character(3)		
RELACIONES					
Entidad1 <Relación> Entidad2	Descripción	Cardinalidad E1:E2			
Categoría <contiene> escuela	una categoría contiene escuela	1:1..N			
OBJETO		BARRIO			
NOMBRE	Barrio			CÓDIGO	1209
DEFINICIÓN	Barrios o agrupaciones sociales				
TEMA	LOGÍSTICA – 1				
GRUPO	ADMINISTRACIÓN – 20				
RESPONSABLE	DEPENDENCIA	Instituto Nacional de Estadística		CIUDAD	Montevideo
	CARGO	Técnico		DEPARTAMENTO	Montevideo
	PERFIL	Crea, Actualiza		EMAIL	
	UBICACIÓN	Anexo Torre Ejecutiva		TELÉFONO	2916 0257
ATRIBUTOS					
NOMBRE	DEFINICIÓN	CÓDIGO	TIPO	DOMINIO	
cod_barrio	identificador del barrio	120901	smallint		
nom_barrio	nombre del barrio	120902	character(32)		
RELACIONES					
Entidad1 <Relación> Entidad2	Descripción	Cardinalidad E1:E2			
barrio <contiene> escuela	un barrio contiene escuela	1:1..N			
ESCALA	SÍMBOLO	TAMAÑO	COLOR HEX		
Todas	Polígono		3383ff		

OBJETO		VIA			
NOMBRE	Via	CÓDIGO	1210		
DEFINICIÓN	Ejes de calles, ruta o camino				
TEMA	LOGÍSTICA – 1				
GRUPO	ADMINISTRACIÓN – 20				
RESPONSABLE	DEPENDENCIA	Dirección General de Educación Inicial y Primaria	CIUDAD	Montevideo	
	CARGO	Técnico	DEPARTAMENTO	Montevideo	
	PERFIL	Crea, Actualiza	EMAIL		
	UBICACIÓN	Juan Carlos Gómez 1314	TELÉFONO	2916 0257	
ATRIBUTOS					
NOMBRE	DEFINICIÓN	CÓDIGO	TIPO	DOMINIO	
cod_via	Identificador único de zona	121001	integer		
nom_via	nombre de zona	121002	character(30)		
RELACIONES					
Entidad1 <Relación> Entidad2	Descripción	Cardinalidad E1:E2			
via <contiene> geografia	una zona contiene escuela	1:1..N			
ESCALA	SÍMBOLO	TAMAÑO	COLOR HEX		
Todas	Linea	1	3383ff		



TECNOLOGO EN
CARTOGRAFIA



FACULTAD DE
CIENCIAS
UDELAR | fciencias.edu.uy



FACULTAD DE
INGENIERIA



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY

