UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Acreditación Institucional de Alta Calidad

DESARROLLO DE UN PLUGIN COMO HERRAMIENTA PARA LA CAPTURA DE DATOS EN CAMPO MEDIANTE SOFTWARE LIBRE DENTRO DEL MARCO DEL MODELO MAG DE ANLA UTILIZANDO TECNOLOGIAS MOVILES

Autores:

LINDA KATERIN MALDONADO ORDOÑEZ

Ing. Catastral y Geodesta

WILLIAM FELIPE HUERTAS GARCÍA

Ing. Catastral y Geodesta

Trabajo de grado en modalidad de monografía como requisito parcial para al título de
Especialista en Sistemas de Información Geográfica

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

FACULTAD DE INGENIERIA

ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

BOGOTÁ D.C., COLOMBIA.

2024

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

FACULTAD DE INGENIERIA

ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

DESARROLLO DE UN PLUGIN COMO HERRAMIENTA PARA LA CAPTURA DE DATOS EN CAMPO MEDIANTE SOFTWARE LIBRE DENTRO DEL MARCO DEL MODELO MAG DE ANLA UTILIZANDO TECNOLOGIAS MOVILES

PROYECTO DE GRADO EN MODALIDAD DE MONOGRAFÍA

Presentado Por:

LINDA KATERIN MALDONADO ORDOÑEZ

Ing. Catastral y Geodesta

WILLIAM FELIPE HUERTAS GARCÍA

Ing. Catastral y Geodesta

Dirigido por:

MSc. SALOMON EINSTEIN RAMIREZ FERNANDEZ

BOGOTÁ D.C., COLOMBIA.

2024

Tabla de contenido

1. Introducción 6

2. Marco de Referencia 8

2.1. Antecedentes 8

2.2. Marco Teórico 11

3. Descripción del Problema 14

4. Justificación 17

5. Objetivos 19

a. Objetivo General 19

b. Objetivos Específicos 19

6. Metodología 20

6.1 Fase 1 Análisis 21

6.2 Fase 2 Diseño 21

6.3 Fase 3 Implementar 21

6.4 Fase 4 Evaluación 21

7. Resultados 22

7.1 Fase 1 Análisis. 22

Requerimientos del sistema. 22

Diagrama de Casos de Uso 23

7.2 Fase 2 Diseño 23

Diagrama de Paquetes de Casos de Uso 23

Diagrama de Componentes 24

Diagrama de Despliegue 25

7.3 Fase 3. Implementación 26

7.4 Fase 4 Evaluación 33

8. Conclusiones 39

9. Referencias 41

Tabla de Imágenes

Imagen 1. Flujo Metodológico. Fuente. Elaboracion Propia 20

Imagen 2. Diagrama de casos de uso. Fuente. Elaboracion Propia 23

Imagen 3. Diagrama de paquetes de casos. Fuente. Elaboracion Propia 24

Imagen 4. Diagrama de componentes. Fuente. Elaboracion Propia 25

Imagen 5. Diagrama de despliegue. Fuente. Elaboracion Propia 25

Imagen 6. Funcionalidad de cada uno de los botones del Plugin. 26

Imagen 7. Conexión a la base de datos. Fuente. Elaboracion Propia 27

Imagen 8. Gestión de errores de conexión. Fuente. Elaboracion Propia 27

Imagen 9. Crear BD con forme a MAG. Fuente. Elaboracion Propia 28

Imagen 10. Interfaz de carga de datos y empaquetado de datos con forme a estructura MAG. Fuente. Elaboracion Propia 29

Imagen 11. Alerta en el empaquetado de capas. Fuente. Elaboracion Propia 29

Imagen 12. Interfaz de QField para el empaquetado de capas. Fuente. Elaboracion Propia.. 30
Imagen 13. Vista de información desde QField. Fuente. Elaboracion Propia..... 30
Imagen 14. Captura de información con forme a modelo MAG. Fuente. Elaboracion Propia 31
Imagen 15. Información de campo dentro de QGIS. Fuente. Elaboracion Propia 31
Imagen 16. Confirmación de información cargada a la BD exitosamente. Fuente. Elaboracion Propia..... 32
Imagen 17. Exportación de PostgreSQL a Geopackage. Fuente. Elaboracion Propia 32
Imagen 18. Porcentaje de intuitividad del plugin. Fuente. Elaboracion Propia 36
Imagen 19. Plugin en términos de rendimiento y funcionalidad. Fuente. Elaboracion Propia 36
Imagen 20. Recomendación del plugin. Fuente. Elaboracion Propia..... 38

Tablas

Tabla 1.Temáticas generales Modelo de Almacenamiento Geográfico ANLA. 11
Tabla 2. Tabla de distribución de frecuencias para la experiencia con QGIS de los encuestados..... 34
Tabla 3. Tabla de doble entrada experiencia con QGIS vs facilidad de uso del plugin. 35
Tabla 4. Tabla de porcentaje Experiencia con QGIS vs facilidad de uso. 35
Tabla 5. Satisfacción general de los usuarios. 38

1. Introducción

La automatización del proceso de captura, estructuración y centralización de la información proveniente del trabajo de campo no solo optimiza el tiempo, sino que también reduce los costos asociados a la corrección de errores, reprocesos y retrasos en la entrega de resultados. Esta eficiencia es crucial para las organizaciones, ya que les permite mejorar sus procesos, aumentar su productividad y garantizar la calidad de sus productos.

El presente trabajo se enfoca en desarrollar herramientas basadas en software libre, específicamente diseñadas para la adecuada gestión y captura de información asociada a proyectos que deben ajustarse al Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG) de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

La captura, estructuración y centralización de los datos obtenidos en el trabajo de campo representan aspectos fundamentales en el desarrollo de proyectos que requieren licenciamiento ambiental por parte de la ANLA. Estas tareas no solo consumen una considerable cantidad de tiempo en su ejecución, sino que también son susceptibles a la generación de errores. Por lo tanto, es imprescindible contar con procesos y herramientas que faciliten estas etapas críticas de gestión de información.

En este contexto, el desarrollo de un plugin basado en tecnologías de código libre resulta fundamental, ya que automatiza los procesos de captura, estructuración y centralización de la información, permitiendo a los usuarios adaptar el código según sus necesidades particulares. La inclusión de dispositivos móviles para la captura de información agiliza significativamente este proceso.

Este plugin no solo posibilita la adición de nuevas funcionalidades que se adaptan a diversos escenarios, sino que también garantiza su versatilidad y capacidad de adaptación, contribuyendo a su mantenimiento y escalabilidad. Además, el uso de tecnologías libres como PostgreSQL, QGIS y QFiled satisface las necesidades de la mayoría de los usuarios y facilita su integración en los procesos de captura, estructuración y centralización de información.

2. Marco de Referencia

2.1. Antecedentes

QField es una herramienta útil para la captura de información geográfica y alfanumérica utilizando dispositivos móviles, en donde además se permite post procesar la información de campo a través de QGIS lo que hace que la recolección y procesamiento de la información se realice de manera rápida y eficiente (Ambuila y Davila, 2020).

Un ejemplo de lo anterior es lo realizado por Gibson (2022) quien diseñó un geopaquete de mapeo geológico que permita recopilar nuevos datos sobre la geología del lecho rocoso y ver los datos geocientíficos existentes en el campo mediante el uso de QField en cual se concluyó que según la competencia y el tipo de mapeo, el flujo de trabajo de mapeo geológico de QField requiere aproximadamente la misma cantidad de tiempo de campo que el mapeo manual (en papel) y reduce drásticamente el tiempo de digitalización de datos de la oficina. De igual manera Cortés (2022) desarrolla de una herramienta de captura de datos para inventario de infraestructura utilizando herramientas como QGIS y QField, adicionalmente implementa la aplicación Drive Sync con el fin de mantener sincronizada la información en la nube, resultado de este trabajo se encontró que los tiempos de procesamiento se redujeron en un 60% comparado con los resultados de un proyecto anterior que se trabajó con formatos en papel, pasando de 12 minutos por elemento a 5 minutos como máximo, con relación al procesamiento de la información en oficina, la ganancia de la ejecución de un proyecto empleando la metodología propuesta logra la reducción en tiempos pasando de 15 días a 3 días para la entrega de resultados.

Gamez Rojas et al. (2021), utilizaron QField junto con QGIS para la realización de procesos de mutaciones y divisiones materiales dentro del contexto del catastro multipropósito en

donde se realizó la subdivisión de un predio de mayor extensión en 7 predios derivados capturando la información de cada uno de estos sobre el dispositivo móvil y posteriormente procesando la información desde el software QGIS, encontrando que el uso de estas herramientas permiten tener agilidad, celeridad y seguridad en la información para los respectivos reconocimientos prediales.

Ostadabbas et al. (2020), sugieren que en la planificación y ordenación de las ciudades y del territorio es fundamental contar con procesos de captura de datos en campo que sean precisos y eficientes, especialmente en situaciones como la declaración de una zona de renovación urbana, donde los planificadores necesitan recopilar información detallada sobre la estructura y calidad de los edificios, la tasa de desocupación de viviendas e industrias, el estado de las carreteras y otros aspectos relevantes para la evaluación del estado urbano. Los autores proponen el uso de QGIS y QField, herramientas adecuadas para ser implementadas en dispositivos móviles, que permiten la captura de datos en campo de manera eficiente y su posterior procesamiento y actualización automática en la base de datos de PostgreSQL, lo que permite la creación de mapas interactivos de forma automática.

En un estudio reciente, Duncan et al. (2022), desarrollaron un sistema basado en tecnologías de la información y las comunicaciones que busca mejorar la eficiencia y precisión en la captura de datos para el mapeo de paisajes agrícolas. La iniciativa surge ante la necesidad de contar con una base de datos espacial integral de los sistemas agrícolas que sustentan la actividad económica, la seguridad alimentaria y los medios de subsistencia en Tonga. Para tal fin, los investigadores utilizaron herramientas geoespaciales de código abierto como QField y QFieldCloud, que permiten pasar de encuestas en papel a encuestas digitales, capturando y transmitiendo los datos de forma casi inmediata. En este proyecto, QFieldCloud

resultó de gran utilidad para respaldar a más de 40 mil encuestadores que mapeaban más de 10000 parcelas de tierras agrícolas, ganaderas, en barbecho y forestales. Además, el uso de tecnología móvil permitió aumentar la velocidad de captura y reducir los errores humanos, lo que a su vez contribuyó a mejorar la calidad de los datos obtenidos.

En el ámbito de los complementos o plugins se encuentra a Cipagauta Méndez y Galindo Hernández (2020), quienes desarrollaron un complemento para el software QGIS, el cual permite la automatización de una zonificación climática según Caldas-Lang, teniendo como un insumo un ráster producto de un proceso previo de interpolación de los datos. Obteniendo finamente como resultado una capa de la zonificación con una tabla de atributos estructurada como lo establece la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) lista para ser cargada a la Geodatabase (GDB) de la entidad. En este documento los autores recomiendan realizar trabajos similares con el objetivo de abarcar todos los componentes que se pueden encontrar en una GDB a presentar a la ANLA. Otro ejemplo de plugin fue el desarrollado por Lopez Daza y Tenjo Ramos (2021), el cual permite cargar, visualizar y almacenar los monitoreos ambientales de calidad de agua utilizando computador, en este trabajo los autores recomiendan implementar opciones de borrado de información ya que se trabaja sobre una única GDB.

2.2. Marco Teórico

El Modelo de Almacenamiento Geográfico – MAG fue el comienzo para estandarizar la entrega de la información geográfica y cartográfica de aquellos proyectos cuya ejecución debe ir debidamente aceptada, licenciada por la entidad ambiental responsable, mediante esta estandarización se facilita la toma de decisiones de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA.

La información temática incluida en el modelo de datos se encuentra estructurada en los medios o temas generales reagrupados en componentes que incluyen capas geográficas específicas de cada temática, estos temas generales son:

Tabla 1.Temáticas generales Modelo de Almacenamiento Geográfico ANLA.

Medio Abiótico	Gestión del riesgo	Proyecto
Medio Biótico	Zonificación	Compensación
Marino-offshore	Áreas de conservación y protección ambiental	Inversión 1%
Medio socioeconómico	Áreas de reglamentación especial	Contingencias

Fuente. Elaboración Propia

Medio Abiótico: Se refiere a los componentes no vivos del medio ambiente, como el suelo, el agua, el aire, el clima, la geología y otros factores físicos y químicos del entorno.

Medio Biótico: Cualidades y cantidades que caracterizan los diversos ecosistemas en la zona afectada por los componentes del entorno biótico. Permitiendo entender su funcionamiento y estructura, sirviendo como punto de referencia para el estado inicial (línea base) antes de llevar a cabo el proyecto.

Medio Marino-Offshore: Este medio se refiere a las áreas marinas, específicamente aquellas que están más allá de la costa y que incluyen el fondo marino, las aguas profundas y otros hábitats marinos.

Medio socioeconómico: La caracterización del medio socioeconómico se realiza considerando tanto información cuantitativa como cualitativa. El análisis resultante deberá ofrecer una comprensión completa de los posibles impactos que el proyecto pueda tener en cada uno de los aspectos involucrados. posibilitando un análisis integral de sus condiciones y características, manteniendo coherencia en relación con cada componente e incorporando datos relevantes de los entornos abiótico y biótico.

Medio gestión del riesgo: este medio abarca el análisis de riesgos cualitativos y semicuantitativos involucrando amenazas exógenas y endógenas además de los elementos vulnerables.

Zonificación: Con base a la información obtenida de la caracterización ambiental en el área de influencia y las leyes actuales, es necesario llevar a cabo un análisis exhaustivo de los entornos abiótico, biótico y socioeconómico. El objetivo es realizar una zonificación ambiental, considerando la sensibilidad ambiental del área en su estado actual, sin tener en cuenta la influencia del proyecto.

Medio Áreas de Conservación y Protección Ambiental: Son espacios designados y gestionados para la preservación de la biodiversidad, la protección de ecosistemas vulnerables y la conservación de recursos naturales.

Áreas de reglamentación especial: la identificación y zonificación de áreas de reglamentación especial como resguardos indígenas, territorios colectivos de comunidades negras

(afrocolombianas, raizales o palenqueras), sabana comunal y reserva campesina, permite identificar las áreas que podrían restringir o condicionar los proyectos, con forme al área de influencia del proyecto y los impactos que pueda generar en las comunidades establecidas

Medio Proyecto: Esta categoría se refiere a los proyectos de desarrollo que pueden tener un impacto en el medio ambiente. Estos proyectos pueden incluir infraestructura, construcción, agricultura, energía, entre otros. La evaluación y gestión de estos proyectos son importantes para minimizar su impacto ambiental y garantizar la sostenibilidad.

Compensación: Hace referencia a las acciones compensatorias que se implementan cuando un proyecto afecta ecosistemas de carácter natural y seminatural, también involucra otras compensaciones por cambio de uso del suelo, afectación paisajística, por aprovechamiento de la cobertura vegetal, por fauna y flora, entre otras.

Medio inversión 1%: La implementación de estrategias para las compensaciones e inversiones de no menos del 1% se plantean como acciones para resarcir dichos impactos en su mismo contexto territorial, por lo tanto, el contar con la ubicación de las actividades, su ejecución y avance, es de vital importancia para justificar la gestión que se realizan sobre las áreas.

Medio Contingencias: Hace referencia a los riesgos no intencionales de origen humano, vinculados a la gestión de residuos peligrosos, los cuales podrían dar lugar a impactos negativos en el entorno ambiental o la salud de las personas como: puntos donde ocurren derrames y/o escapes de gas, rutas de derrame o áreas afectadas por los derrames o la dispersión de nube de gas.

3. Descripción del Problema

La ejecución y desarrollo de cualquier proyecto de ingeniería que tenga un impacto directo en el territorio requiere cumplir con múltiples requerimientos, solicitudes y estándares. En el marco ambiental, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), son los encargados de establecer y avalar el correcto desarrollo de las diferentes actividades para asegurar que los proyectos se ejecuten de manera acorde y contribuyan al desarrollo sostenible ambiental del país, dentro de estas actividades está el análisis de estructura y calidad de la información geográfica de los proyectos a licenciar.

En referencia a lo mencionado la recolección de datos es considerada como una de las tareas más costosas en términos de tiempos y dinero, generando más errores para los proyectos de inventario de datos (Freire y Painho, 2014). Además, la recopilación de datos de campo se ha convertido en una parte importante del flujo de trabajo de un SIG empresarial (Scobie, 2021), a partir de esto se identifica que diferentes entidades orientadas a desarrollar proyectos en el sector ambiente se enfrentan a problemas como perdida de datos y tiempos retardados de captura, digitalización y estructuración. Esto tiende a generar errores, especialmente cuando se trata de grandes volúmenes de datos (Hamzah et al., 2018), como es el caso que se presenta para los proyectos que son de interés para las autoridades ambientales. Esto debido a la falta de sistematización del proceso de captura de datos, lo que puede conllevar a que las autoridades encargadas nieguen la licencia ambiental debido a errores en la estructuración de la base de datos geográfica o que los reprocesos generados por la captura y estructuración de la información afecten el desarrollo del proyecto hasta el punto de ser inviable en términos de cumplimento de plazos de entrega.

Por otro lado, los datos de campo requieren ser consumidos de forma ágil por parte de los profesionales, esto exige formatos digitalizados y georreferenciados, que se encuentren centralizados para su explotación (Martínez Labiano, 2022), esta exigencia se ha convertido en uno de los problemas a los que se enfrentan muchas de la entidades al momento de realizar la captura de datos en campo puesto que no cuentan con formatos de captura adecuados que permitan que los datos se encuentren centralizados para su consumo.

Con base a lo mencionado anteriormente se detecta la dificultad en la recopilación de datos de campo, derivado de los métodos de captura de datos utilizados actualmente por algunas entidades, lo que genera una posible pérdida y modificación inadecuada de datos, además, de un post-procesamiento adicional que requiere el ajuste de la información para ser compartida en los formatos requeridos, adicionalmente, se evidencian problemas en el consumo de datos dado que la información se encuentra almacenada de manera descentralizada y no permite un consumo ágil, afectando de manera negativa a estas mismas entidades en términos de tiempos y volumen de trabajo.

Una forma de que estos datos sean capturados de forma ágil, eficaz y segura es a partir del uso de tecnologías móviles, que faciliten la recopilación de datos espaciales, esto teniendo en cuenta entre otras cosas la bondad de Software y datos geoespaciales libres que permiten la generación de desarrollos que aportan soluciones útiles para la necesidad de captura de datos (Anbaroğlu et al., 2020). A partir de las problemáticas identificadas, se planteó el desarrollo de un plugin como herramienta para la automatización en la captura, estructuración y centralización de datos de campo utilizando QGIS y QField como softwares libres para que de esta manera se integre una interfaz que permita la toma de datos geográficos y alfanuméricos offline utilizando un dispositivo móvil, y además que permita la creación de

una base de datos que pueda ser consumida de forma remota a través de conexión a internet, estructurando la información conforme las exigencias de presentación y petición de licencias ambientales.

4. Justificación

El desarrollo de un plugin como una herramienta para la automatización en la captura, estructuración y centralización de datos in situó mediante dispositivos móviles tiene una viabilidad consistente en cuanto a que se identifica una necesidad latente dentro del contexto de los proyectos susceptibles a licenciamiento ambiental, esto beneficiaría a diferentes entidades públicas y privadas en tanto a que el contar con una herramienta de código libre orientada y adaptada a la satisfacción de la necesidad planteada permitirá un correcto desarrollo de las actividades de campo relacionadas.

Logrando que estas entidades puedan hacer uso de la información de manera ágil, garantizando un flujo de trabajo continuo, que minimice los reprocesos de captura y estructuración de información, así como el seguimiento y planificación de las actividades realizadas en campo por los profesionales encargados de cada área, asegurando la información y evitando la posible pérdida de datos. Proporcionar a estas entidades una herramienta de código libre y especializada no solo facilitará sus procesos, sino que también garantizará la coherencia y calidad de los datos recopilados, permitiendo un mejor cumplimiento de los requisitos regulatorios.

Además, la información se encontrará estructurada conforme a Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG) , siguiendo la guía para el diligenciamiento y presentación del modelo de datos geográficos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016), lo que no solo minimizara tiempos de integración de los datos, validación de completitud y consistencia lógica, favoreciendo al cumplimento de los plazos establecidos para cada proyecto sino también su compatibilidad con los estándares nacionales. Esto simplifica los procesos de integración de datos garantizando la conformidad con las normativas vigentes.

En resumen, el desarrollo de este plugin no solo atiende a una necesidad evidente en el ámbito de licenciamiento ambiental, sino que también ofrece una solución integral que mejorará la eficiencia, calidad y cumplimiento de los proyectos. La adopción de esta herramienta se traducirá en beneficios tangibles para las entidades involucradas, contribuyendo a un enfoque más sostenible y tecnológicamente avanzado en la gestión ambiental.

5. Objetivos

a. Objetivo General

Implementar un plugin basado en software libre que permita automatizar la captura, estructuración y centralización de datos tomados en campo conforme el modelo de almacenamiento geográfico de la autoridad nacional de licencias ambientales utilizando dispositivos móviles, permitiendo una transferencia de datos ágil y eficiente.

b. Objetivos Específicos

- Identificar los requerimientos funcionales y no funcionales con el fin de definir el alcance y los casos de uso del plugin como herramienta para la automatización en la captura, estructuración y centralización de datos en campo.
- Diseñar la arquitectura del plugin conforme los requerimientos y casos de usos establecidos, garantizando una adecuada escalabilidad y mantenimiento de el mismo.
- Desarrollar un plugin como herramienta para la automatización de la captura, estructuración y centralización de datos en campo usando software libre con el fin de optimizar la gobernanza, almacenamiento y procesamiento de la información asociada al MAG.
- Evaluar la usabilidad del plugin mediante encuestas de esfuerzo y satisfacción del usuario con el fin comprobar la bondad de este.

6. Metodología

El plugin como herramienta para la automatización en la captura, estructuración y centralización de datos en campo fue desarrollado utilizando una metodología en cascada junto con un modelo orientado a la reutilización, se utilizó una metodología en cascada ya que al contar con un equipo pequeño y tener claramente identificados desde el inicio los requerimientos, se garantizó que los cambios en los mismos fueran mínimos ,considerando que la secuencialidad de las fases permite cumplir con cada uno de los requerimientos de manera efectiva , por otro lado, la reutilización permite agilizar el proceso de desarrollo lo que favoreció a que se disminuyeran los tiempos en la fase de implementación, todo esto implicó un enfoque iterativo e incremental permitiendo que el desarrollo fuera eficiente y se ajustara a las necesidades del usuario final de manera efectiva.

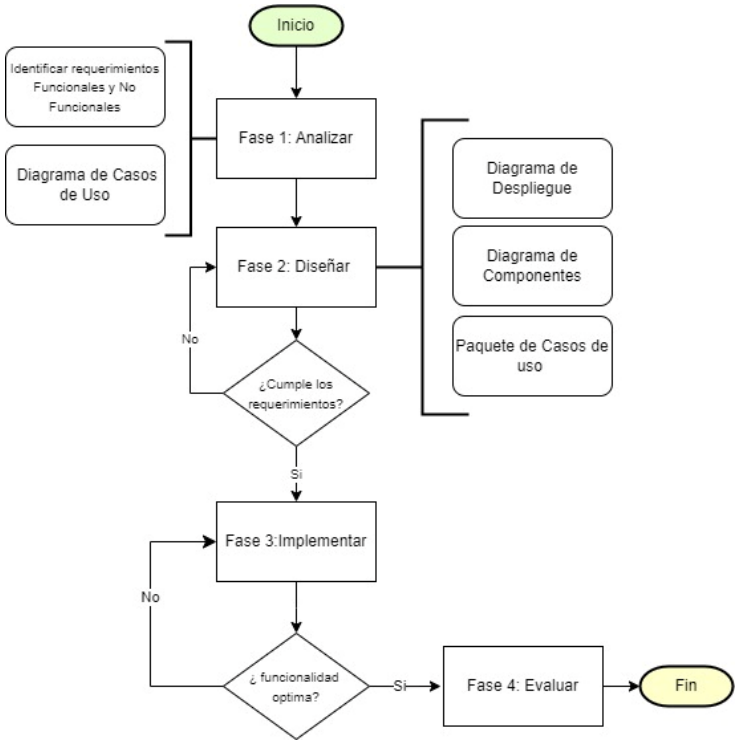


Imagen 1. Flujo Metodológico.

Fuente. Elaboración Propia.

6.1 Fase 1 Análisis

El proceso metodológico aplicado inicia con la identificación de los requerimientos funcionales y no funcionales, los cuales se utilizan para determinar el alcance y las funcionalidades de la herramienta de captura de datos en campo, obteniendo como resultado de esto el diagrama de casos de uso, con el fin de definir las funciones y permitiendo visualizar la interacción entre el usuario y cada una de estas.

6.2 Fase 2 Diseño

Una vez que se definieron los requerimientos y las funcionalidades, se realizó el modelamiento del plugin, mediante los diagramas de componentes, paquetes de casos de uso y despliegue.

6.3 Fase 3 Implementar

El plugin se desarrolló sobre el software libre de QGIS y reutilizando el módulo de empaquetado de QField junto con una base de datos de PostgreSQL, lo que garantizó la estructuración y consumo de la información de manera oportuna, para esto se codificó utilizando el lenguaje de programación Python junto con Qt Designer para el desarrollo de la interfaz gráfica. Por otro lado, Se realizó la revisión de la funcionalidad de forma iterativa con el fin corregir errores de manera temprana en el proceso de desarrollo.

6.4 Fase 4 Evaluación

Después de que el software fue probado internamente, se procedió a realizar la evaluación mediante encuestas de esfuerzo y satisfacción de usuario para ello se estructuro una encuesta de 8 preguntas con las cuales se puede evaluar la eficacia, eficiencia y experiencia de usuario con relación al plugin.

7. Resultados

7.1 Fase 1 Análisis

Requerimientos del sistema

Para facilitar el proceso de captura de datos en campo se propuso contar con un plugin como herramienta para la automatización en la captura, estructuración y centralización de datos, este está desarrollado bajo el software QGIS permitiendo al usuario crear una base de datos dentro de PostgreSQL conforme al modelo MAG de ANLA en donde los resultados del proceso de captura de datos en campo pueden ser cargados dentro de la base de datos permitiendo centralizar y consumir la información de forma ágil.

El plugin permite empaquetar las capas del modelo MAG de ANLA para ser utilizadas mediante QField desde el dispositivo móvil teniendo en cuenta los dominios establecidos en el modelo mencionado, calculando de forma automática los valores de coordenadas, longitud y área. Además de realizar la exportación de la información a un Geopackage permitiendo compartir y/o manipular la información desde un formato ampliamente utilizado y sin comprometer la información ya almacenada en el base de datos.

Diagrama de Casos de Uso

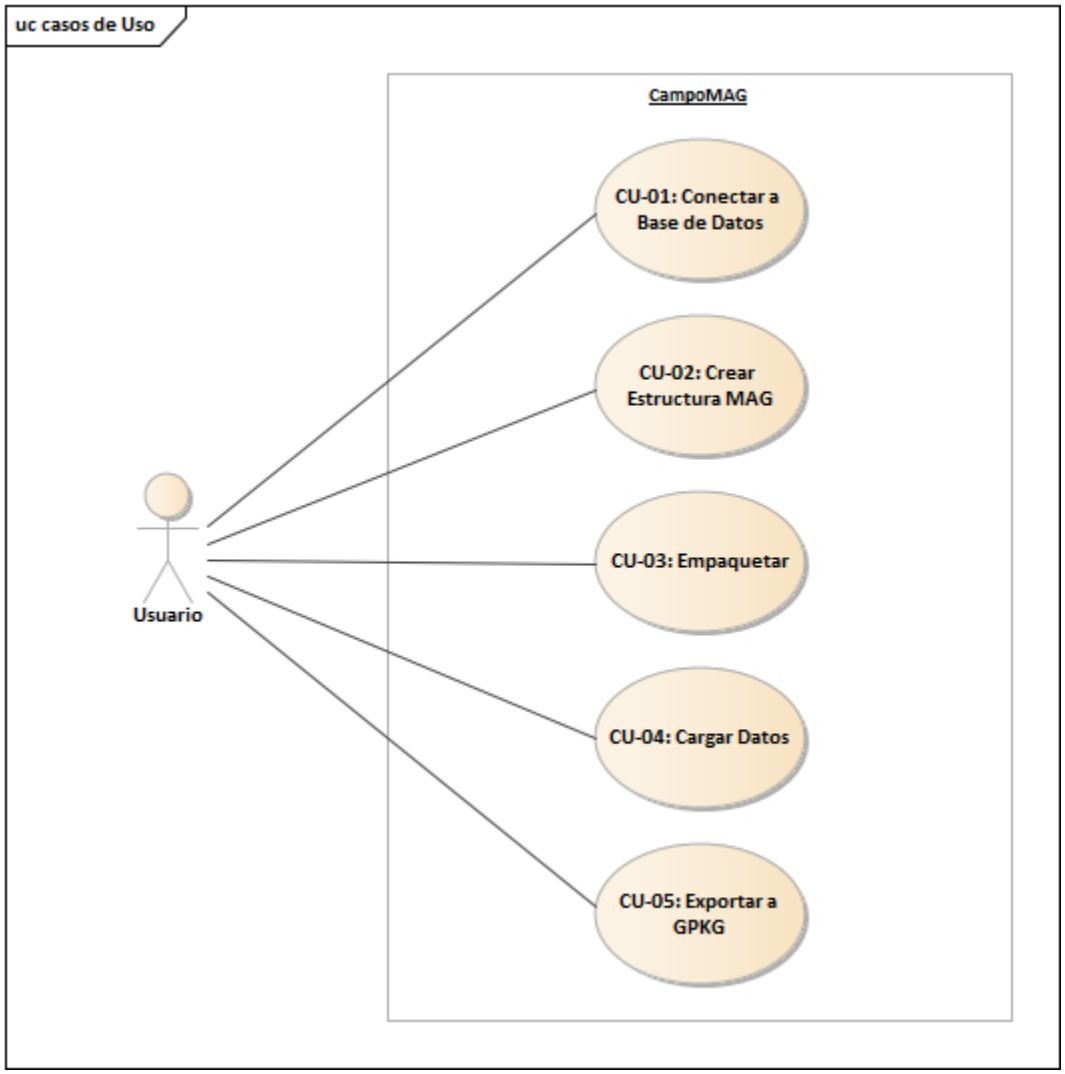


Imagen 2. Diagrama de casos de uso.

Fuente. Elaboración Propia.

7.2 Fase 2 Diseño

Diagrama de Paquetes de Casos de Uso

Con base a lo establecido en el diagrama de casos de uso se identificó la existencia de una alta cohesión entre todos los casos de uso establecidos, determinado la agrupación de estos en un único paquete mapeando desde la perspectiva lógica las funcionalidades del sistema.

Con respecto al paquete de CampoMAG la agrupación de casos de uso estuvo encaminada a los procesos de entrega de información centralizada y estructurada según los requerimientos establecidos.

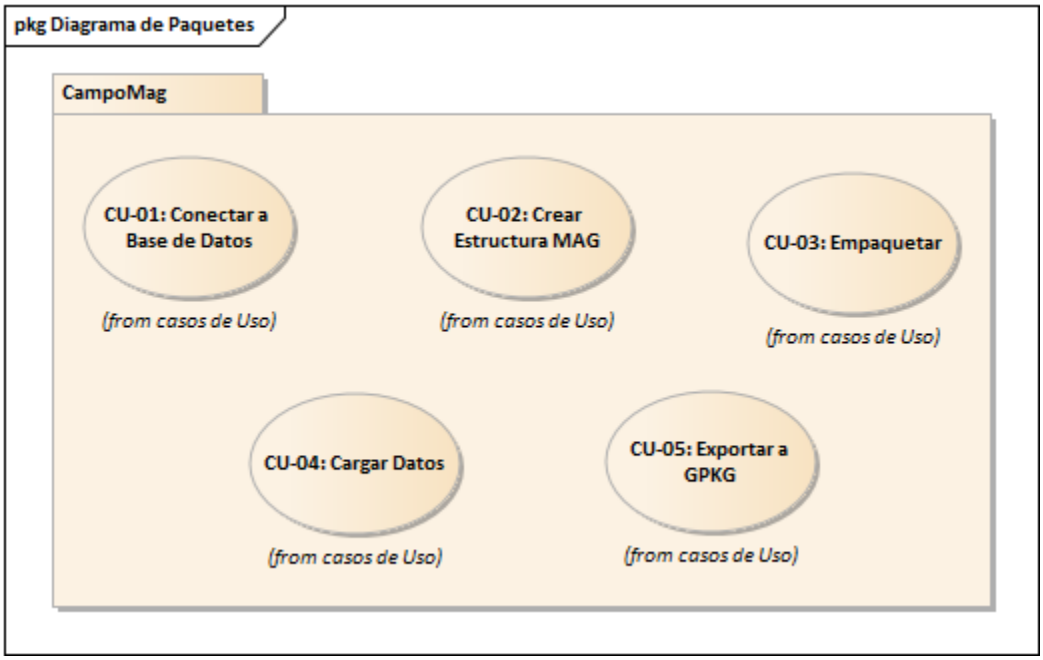


Imagen 3. Diagrama de paquetes de casos.

Fuente. Elaboración Propia.

Diagrama de Componentes

La ejecución de la herramienta funciona a partir de 4 componentes que permiten que esta satisfaga los requerimientos identificados durante el análisis estableciendo las relaciones entre cada uno de estos. La herramienta se diseñó teniendo como base la reutilización de componentes, es por esta razón que la arquitectura relaciona el componente de QField, la cual proporcionó el entorno base para la recolección de datos utilizando dispositivos móviles. Finalmente se relaciona el componente de PostgreSQL con el fin de obtener la información recolectada de manera centralizada y que esta pueda ser compartida y exportada en la estructura requerida.

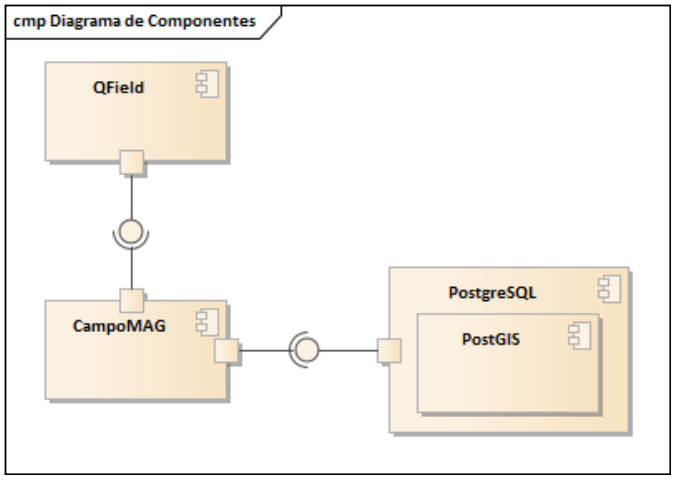


Imagen 4. Diagrama de componentes.

Fuente. Elaboración Propia.

Diagrama de Despliegue

La herramienta opera a través de tres nodos esenciales, cada uno encargado de ejecutar los componentes mencionados previamente. El primero de estos nodos hace referencia al computador. Este dispositivo es fundamental para la utilización del software QGIS, sobre el cual se ha desarrollado el plugin CampoMAG que a su vez utiliza el módulo de empaquetado de QField. Además, este se enlaza con un servidor de bases de datos PostgreSQL junto con su extensión PosGIS.

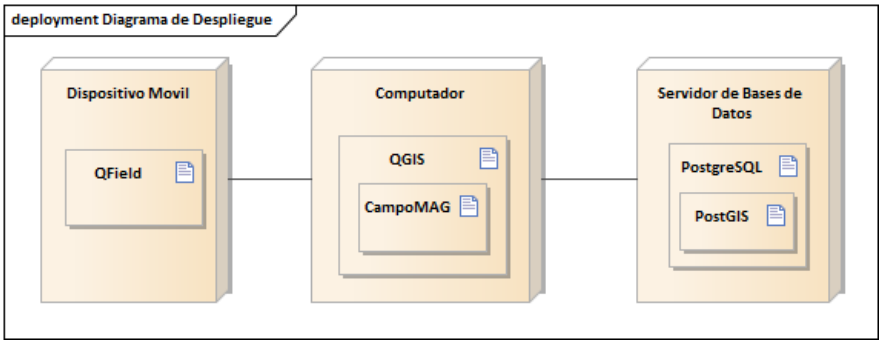


Imagen 5. Diagrama de despliegue.

Fuente. Elaboración Propia.

7.3 Fase 3. Implementación

Para la implementación del plugin se utilizó como lenguaje de programación Python aplicado sobre el software libre QGIS creando 5 botones que definen cada uno de los casos de uso identificados en la fase de análisis, permitiendo automatizar el proceso de captura, estructuración y centralización de la información de campo.

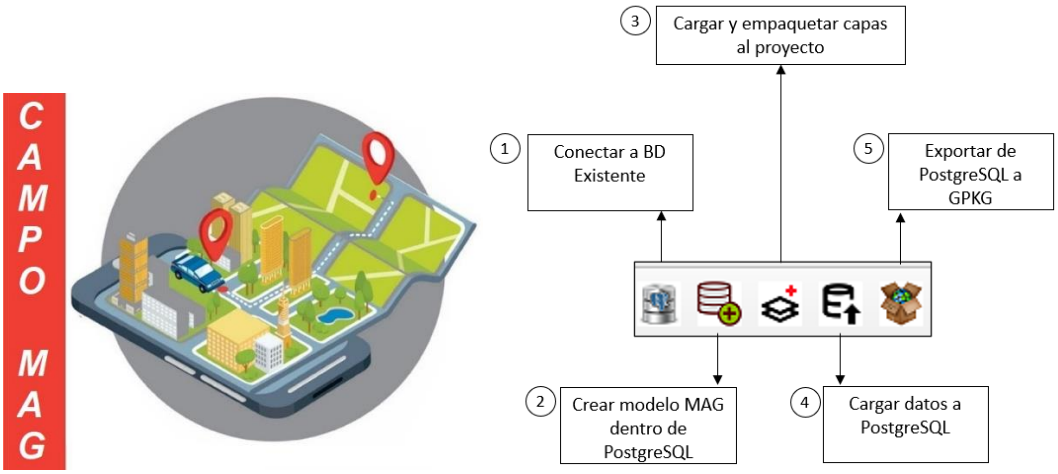


Imagen 6. Funcionalidad de cada uno de los botones del Plugin.

Fuente. Elaboración Propia.

El primer botón permite que el usuario se pueda conectar a una base de datos existente en PostgreSQL, para esto el plugin solicitará al usuario las credenciales necesarias para la conexión, dentro de las cuales se encuentra servidor el cual puede ser local o externo, esto dependerá del tipo de conexión que se haya definido para la base de datos. También se le solicitará al usuario el puerto, el nombre de usuario, la contraseña y el nombre de la base de datos existente dentro de PostgreSQL a la cual se desea conectar.

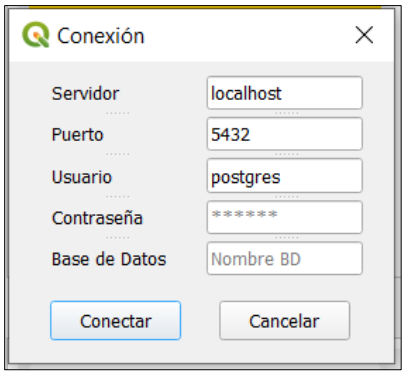
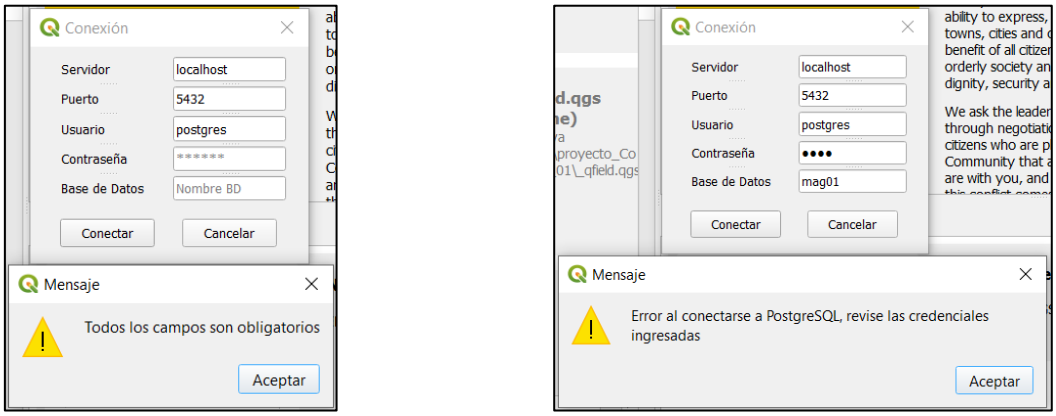


Imagen 7. Conexión a la base de datos.

Fuente. Elaboración Propia.

En caso de la que la conexión a la base de datos no sea exitosa o existan campos vacíos el plugin mostrara al usuario un mensaje de alerta indicando que la conexión no ha podido establecerse.



a. Gestión de errores campos obligatorios

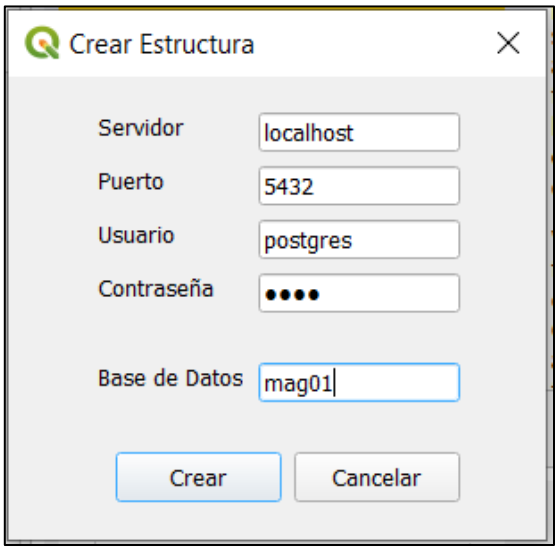
b. Gestión de errores de conexión a PostgreSQL

Imagen 8. Gestión de errores de conexión.

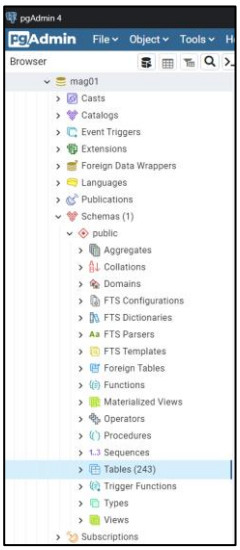
Fuente. Elaboración Propia.

El segundo botón permite crear una base de datos dentro del motor de PostgreSQL con forme al modelo de almacenamiento Geográfico (MAG) definido por ANLA, para esto se le solicitara al usuario las credenciales de acceso al motor de PostgreSQL, las cuales son servidor, puerto, usuario, contraseña y el nombre de la base de datos que se quiere crear, una

vez ingresada esta información se podrá evidenciar que se creara una base datos con todas las capas y tablas definidas en el modelo mencionado.



a. Interfaz de creación de estructura



b. Estructura dentro de PostgreSQL

Imagen 9. Crear BD con forme a MAG.

Fuente. Elaboración Propia.

En el caso en el que existan errores en la conexión o campos vacíos se mostraran el usuario los mismos mensajes presentados en la Imagen 8. Con lo cual el usuario deberá ajustar los valores ingresados.

El tercer botón tiene dos funciones las cuales corresponden con primero cargar las capas del modelo MAG al proyecto de QGIS y segundo empaquetar las capas que el usuario decida mantener en el proyecto para ser llevadas a campo utilizando QField, la primera funcionalidad cargará todas las capas que se encuentran dentro de la base de datos a la cual el usuario se ha conectado previamente configurando los campos predeterminados para el cálculo de coordenadas, áreas y longitudes de manera automática y organizando las capas y tablas en grupos según los dataset definidos en el modelo MAG, al igual que cargará una

tabla sobre al cual se crearán las relaciones para la captura de las fotografías que se requieran asociar en cada uno de los registros capturados en campo.

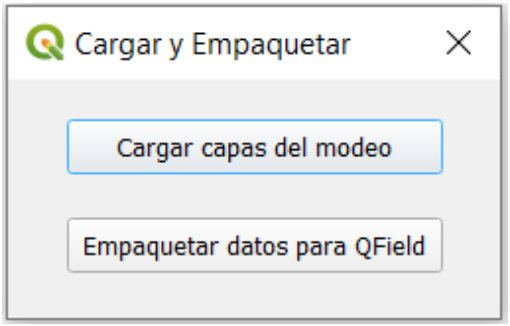


Imagen 10. Interfaz de carga de datos y empaquetado de datos con forme a estructura MAG.

Fuente. Elaboración Propia.

Es importante tener en cuenta que para poder empaquetar las capas se debe contar con el plugin de QField previamente instalado dentro que QGIS, en caso de no contar con el plugin de QField instalado y habilitado dentro de QGIS se mostrará un mensaje al usuario indicándole la necesidad de contar con el plugin mencionado, por otro lado, si QField se encuentra instalado y habilitado el usuario accederá a la interfaz de empaquetado de QField para poder llevar al proyecto dentro del dispositivo móvil.

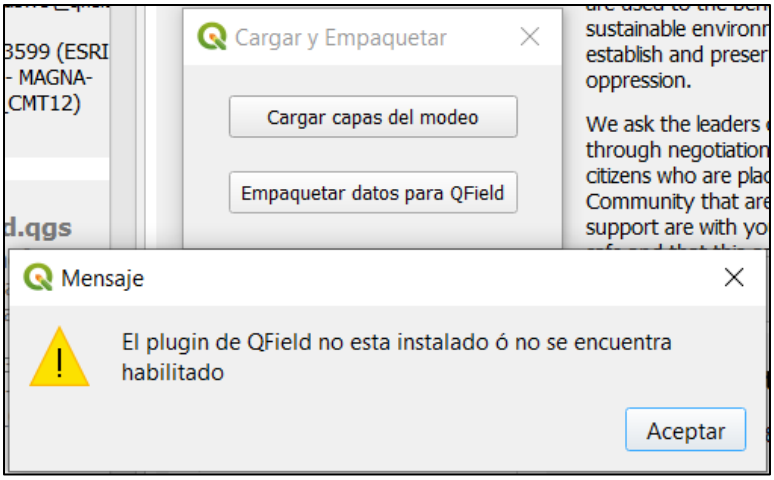


Imagen 11. Alerta en el empaquetado de capas.

Fuente. Elaboración Propia.

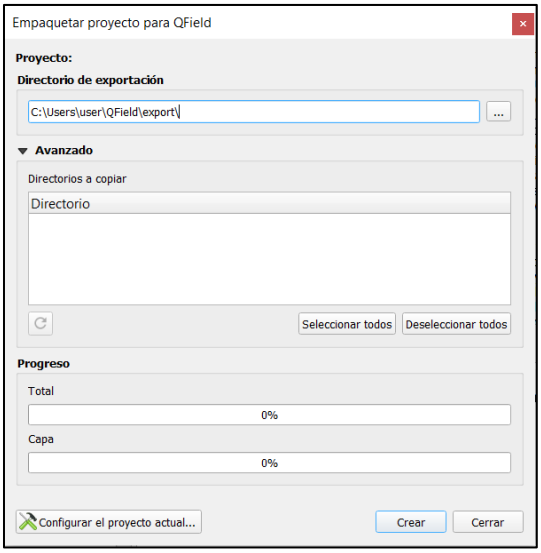


Imagen 12. Interfaz de QField para el empaquetado de capas.

Fuente. Elaboración Propia.

Una vez el proyecto es empaquetado y guardado dentro de un dispositivo móvil el usuario podrá abrir el proyecto desde QField, en donde encontrará cada uno de los grupos establecidos en el proyecto de QGIS junto con cada una de las capas agrupadas en estos, desde allí el usuario podrá capturar la información tanto espacial como alfanumérica, habilitando el módulo de edición.

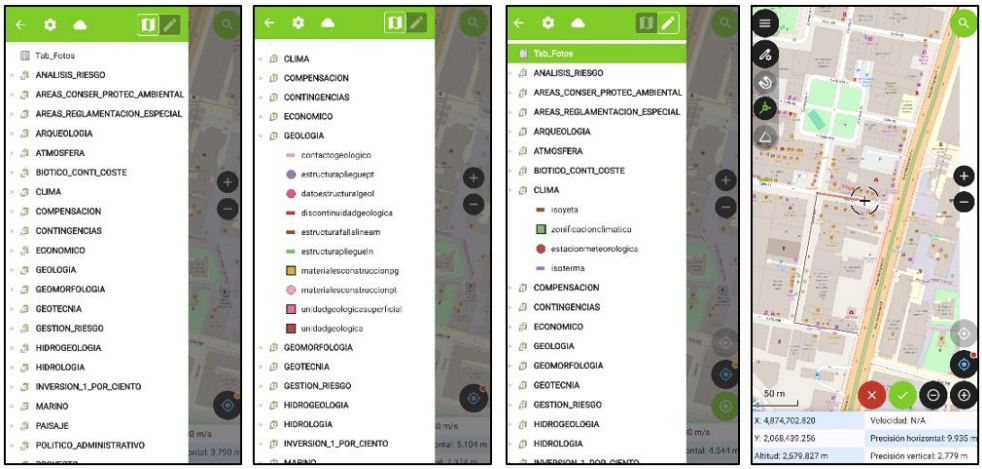


Imagen 13. Vista de información desde QField.

Fuente. Elaboración Propia.

Una vez el usuario crea la entidad espacial, se habilitará el formulario en donde ingresará los valores y capturará las fotografías necesarias para la entidad.

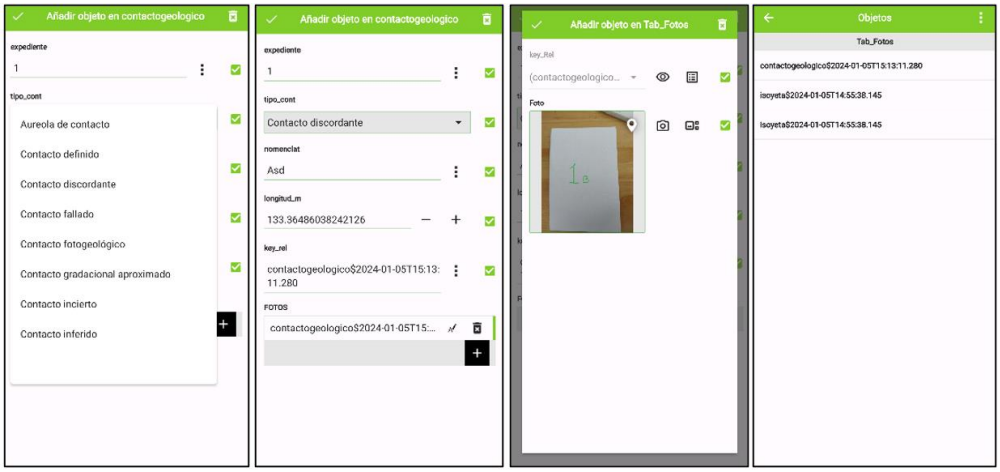


Imagen 14. Captura de información con forme a modelo MAG.

Fuente. Elaboración Propia.

Una vez capturada la información de campo y copiado el proyecto que se encuentra dentro del dispositivo móvil al PC nuevamente se utilizará QGIS para cargar la información dentro de la base datos.

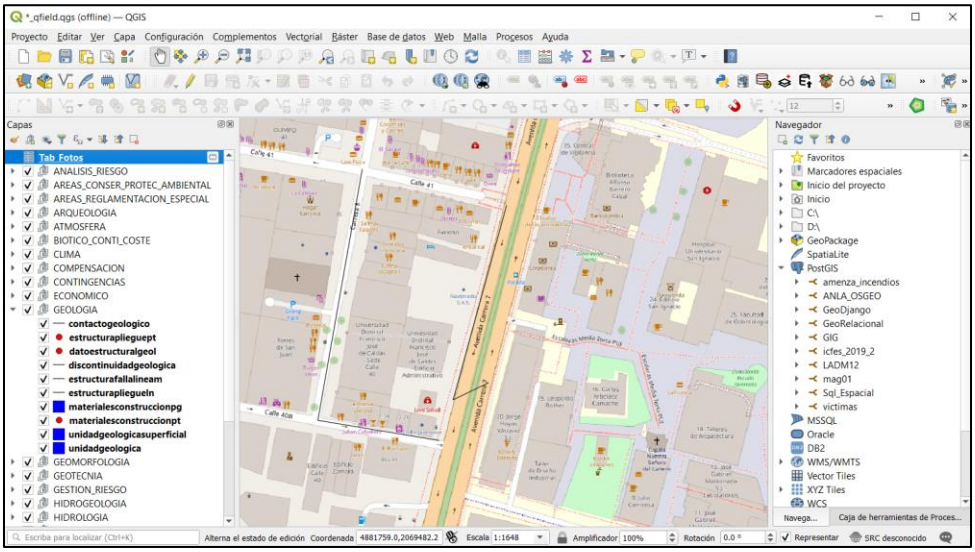


Imagen 15. Información de campo dentro de QGIS.

Fuente. Elaboración Propia.

El cuarto botón permite subir la información tomada en campo a la base de datos de PostgreSQL que desee el usuario, una vez se halla cargado toda la información que se encuentra dentro de la base datos se mostrar un mensaje al mismo indicando que la información ha sido cargada exitosamente.

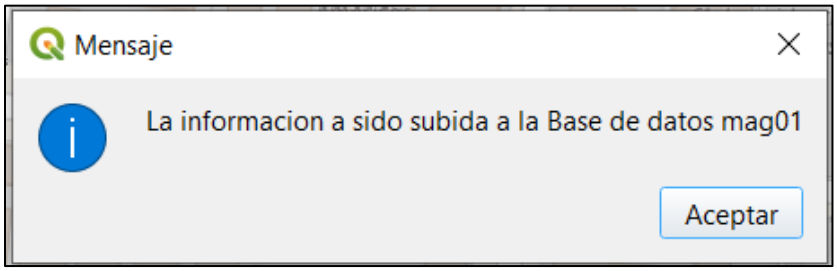
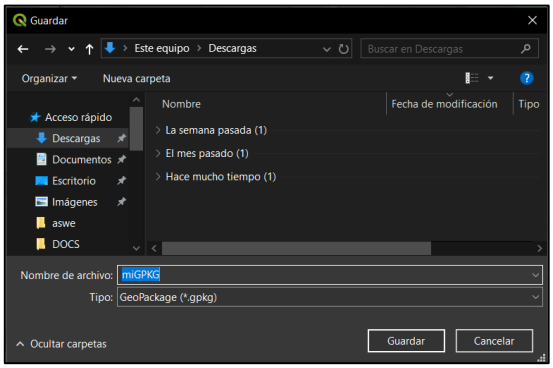


Imagen 16. Confirmación de información cargada a la BD exitosamente.

Fuente. Elaboración Propia.

El quinto botón permite exportar cualquier base de datos que se tenga en PostgreSQL a un Geopackage (GPKG), una vez se realice clic sobre este botón se abrirá una venta en la que el usuario indicara el lugar en donde quiere guardar el Geopackage con toda la información almacenada en el GPKG, como se puede apreciar en la Imagen 14 el Geopackage contiene todas las capas y tablas del modelo MAG almacenado en PostgreSQL.





a. Interfaz de Exportación a GPKG

b. Datos de PostgreSQL dentro de GPKG

Imagen 17. Exportación de PostgreSQL a Geopackage.

Fuente. Elaboración Propia.

7.4 Fase 4 Evaluación

Para la evaluación se plantea una encuesta en términos de esfuerzo y satisfacción que busca conocer la perspectiva de los usuarios al momento de utilizar el plugin, esto se realiza con el fin de identificar las posibles falencias del mismo y de esta manera conocer la efectividad y los posibles aspectos de mejora.

Para la encuesta de esfuerzo y satisfacción se plantearon 8 preguntas las cuales corresponden las siguientes:

1. Experiencia con QGIS (Básico, intermedio, experto).
2. ¿Cómo calificaría la facilidad de uso del plugin? (Muy Fácil, Fácil, Regular, Complejo, Muy Complejo).
3. ¿El plugin fue intuitivo para usted?
4. ¿El rendimiento del plugin fue satisfactorio en términos de velocidad y respuesta?
5. ¿El plugin proporcionó las funcionalidades que usted esperaba?
6. En una escala del 1 al 5, ¿cuál es su nivel de satisfacción general con el plugin?
7. ¿Existen funcionalidades adicionales que le gustaría ver en futuras actualizaciones del plugin?
8. ¿Recomendaría este plugin a otros usuarios?

El plugin fue probado por 12 profesionales que trabajan con actividades de campo y estructuración de datos conforme al modelo MAG de la ANLA, cada uno de estos con diferentes categorías de experiencia usando QGIS, encontrando que el 66.7% de los encuestados tienen un nivel intermedio, 25% con nivel básico y el 8.3% con nivel experto.

Tabla 2. Tabla de distribución de frecuencias para la experiencia con QGIS de los encuestados

Experiencia con QGIS	Frecuencia	%
Básico	3	25,0
Intermedio	8	66,7
Experto	1	8,3
Total	12	100%

Fuente. Elaboración Propia

Para la pregunta número 2 se utilizó una escala de 5 categorías las cuales permiten conocer el esfuerzo que debe realizar el usuario cuando utiliza en plugin, estas se describen de la siguiente manera:

- Muy Fácil: Indica que el plugin es muy sencillo de usar. Los usuarios pueden navegar por las funciones sin ningún esfuerzo adicional. No se requiere un conocimiento técnico avanzado para utilizarlo eficazmente.
- Fácil: Indica que el plugin es sencillo de entender y utilizar en la mayoría de los casos. Los usuarios pueden encontrar algunas funciones un poco más complicadas, pero en general, no tienen dificultades significativas para realizar las tareas básicas.
- Regular: El plugin puede presentar algunas complicaciones o requerir un aprendizaje adicional para utilizarlo correctamente. Los usuarios pueden necesitar cierto tiempo para familiarizarse con todas las funciones y opciones disponibles.
- Complejo: El plugin tiene una curva de aprendizaje pronunciada y puede resultar difícil de usar para la mayoría de los usuarios. Puede requerir conocimientos técnicos específicos o una comprensión más profunda de ciertos conceptos para aprovecharlo al máximo.
- Muy Complejo: Indica que el plugin es extremadamente difícil de usar incluso para usuarios con experiencia. Puede requerir una formación extensa o la consulta de documentación técnica para comprender y utilizar todas sus funciones.

La evaluación arrojo que los usuarios con una experiencia básica en el manejo QGIS consideran que el uso del plugin varía entre muy fácil y regular sin predominancia entre ninguna de las perspectivas de uso, para los usuarios nivel intermedio se encontró que la mayoría de los usuarios consideran que este plugin es fácil de usar mientras que para los usuarios con un nivel experto consideran que el plugin es muy fácil de usar.

Tabla 3. Tabla de doble entrada experiencia con QGIS vs facilidad de uso del plugin.

		Facilidad de uso del plugin					
		Muy Fácil	Fácil	Regular	Complejo	Muy Complejo	Total
Experiencia con QGIS	Básico	1	1	1	0	0	3
	Intermedio	2	6	0	0	0	8
	Experto	1	0	0	0	0	1
Total		4	7	1	0	0	12

Fuente. Elaboración Propia.

Con relación a lo anterior se encontró que el 92% de los encuestados encuentran que el plugin es fácil y muy fácil de usar, con una predominancia del 58% que indica que el plugin es fácil utilizar, mientras que por otro lado el 8% de los encuestados consideraron que el plugin tiene una facilidad de uso regular.

Tabla 4. Tabla de porcentaje Experiencia con QGIS vs facilidad de uso.

		Facilidad de uso del plugin					
		Muy Fácil	Fácil	Regular	Complejo	Muy Complejo	Total
Experiencia con QGIS	Básico	0,08	0,08	0,08	0,00	0,00	0,25
	Intermedio	0,17	0,50	0,00	0,00	0,00	0,67
	Experto	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
Total		0,33	0,58	0,08	0,00	0,00	1,00

Fuente. Elaboración propia.

Se identifico que el 100% de los encuestados consideran que el plugin es intuitivo para ellos lo que indica que cada uno de los botones implementados tiene una fácil compresión por parte de los usuarios.

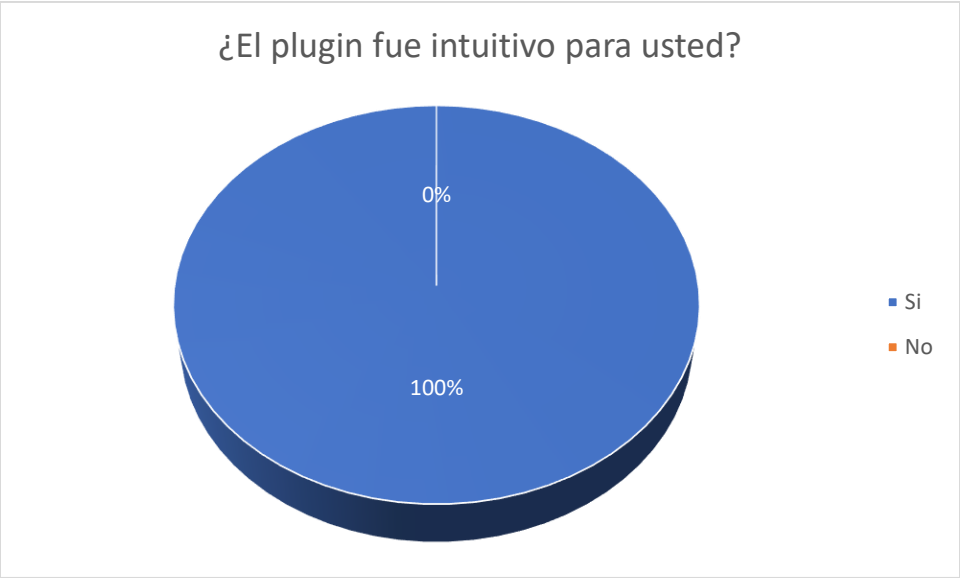
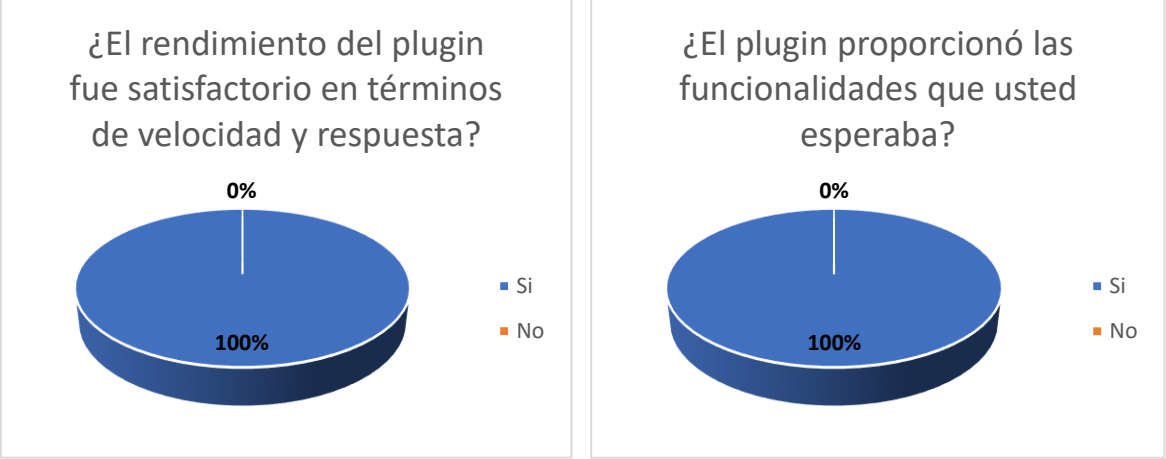


Imagen 18. Porcentaje de intuitividad del plugin.

Fuente. Elaboración propia.

Se determina que el 100% de los encuestados encuentra que el plugin es satisfactorio en términos de velocidad y respuesta, además, las funcionalidades proporcionadas por el plugin cumplen con lo esperado para todos los encuestados.



a. Plugin en términos de rendimiento

b. Plugin en términos de funcionalidad

Imagen 19. Plugin en términos de rendimiento y funcionalidad.

Fuente. Elaboración Propia

Para evaluar la satisfacción general del usuario se utilizo una escala de 1 a 5, la cual se describe de la siguiente manera:

- 1 - Muy Insatisfecho: Los usuarios están muy descontentos con el plugin. Pueden haber experimentado problemas significativos, errores graves o deficiencias importantes en el rendimiento del plugin que han afectado negativamente su experiencia.
- 2 - Insatisfecho: Indica que los usuarios no están satisfechos con el plugin en su conjunto. Pueden haber encontrado varias áreas problemáticas o deficiencias que han influido en su percepción general.
- 3 - Neutral: Los usuarios no tienen una opinión positiva ni negativa sobre el plugin. Pueden sentir que el plugin cumple con sus necesidades básicas, pero no necesariamente cumple sus expectativas.
- 4 - Satisfecho: Los usuarios están contentos con el rendimiento general del plugin. Han encontrado que el producto cumple con sus expectativas y les ha proporcionado una experiencia satisfactoria en general.
- 5 - Muy Satisfecho: Los usuarios están altamente satisfechos con el plugin. Han tenido una experiencia muy positiva y están altamente impresionados con el rendimiento, la funcionalidad y la facilidad de uso del plugin.

La encuesta refleja que la satisfacción general de los usuarios con el plugin se encuentra entre satisfecho y muy satisfecho teniendo una distribución del porcentaje entre estos del 50% cada uno respectivamente.

Tabla 5. Satisfacción general de los usuarios.

En una escala del 1 al 5, ¿cuál es su nivel de satisfacción general con el plugin?	Frecuencia	%
1 - Muy Insatisfecho	0	0
2 - Insatisfecho	0	0
3 - Neutral	0	0
4 - Satisfecho	6	0,5
5 - Muy Satisfecho	6	0,5
Total	12	1

Fuente. Elaboración Propia.

Algunos de los usuarios indicaron que les gustaría poder contar otras funcionales como escoger un sistema de referencia de coordenadas diferente al determinado por defecto o poder cargar y crear solo algunos de los dataset del modelo MAG según necesidades particulares, sin embargo, el 100% de los usuarios recomendarían el plugin a otros usuarios.

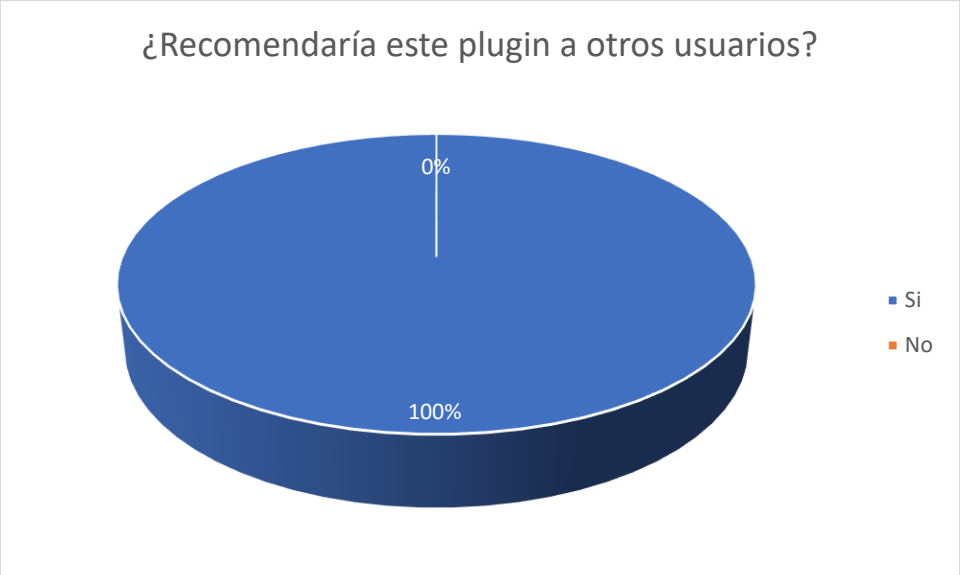


Imagen 20. Recomendación del plugin.

Fuente. Elaboración Propia.

8. Conclusiones

Cada uno de los casos de uso identificados en el análisis de requerimientos funciona de forma complementaria, lo que permite que en conjunto el plugin pueda satisfacer la necesidad de automatizar el proceso de captura de datos en campo, ya que cada una de las capas cuenta con la estructura y dominios determinados en el modelo MAG, además de contar con una herramienta que satisface la necesidad de centralizar la información proveniente de varios profesionales dentro de una misma base de datos favoreciendo la transferencia de datos y logrando que esta transferencia sea ágil y eficiente.

La utilización de software y código libres contemplados en el análisis y el diseño del plugin permiten que este sea aprovechado por una mayor cantidad de usuarios lo que a su vez favorece a que este tenga una buena escalabilidad en el tiempo ya que facilita que los usuarios puedan manipular y/o modificar el código fuente, adaptando el plugin a necesidades más específicas favoreciendo a la escalabilidad y mantenimiento del mismo.

La utilización de PostgreSQL como motor de base datos cubre de forma bastante amplia las necesidades de la mayoría de los usuarios en cuando almacenamiento y manipulación de la información tanto alfanumérica como espacial, de igual manera la implementación de QField para la captura de datos en campo satisface las necesidades del general de los usuarios lo que garantiza una adecuada adaptabilidad y flexibilidad. Sin embargo, se debe tener en cuenta que en el futuro las actualizaciones sobre QField pueden llegar a afectar la correcta implementación del paquete generado para la captura de datos de datos en campo, de allí la importancia de contar con una buena escalabilidad para el plugin.

Durante la implementación del plugin se agregaron nuevas funcionalidades buscando satisfacer la necesidad planteada, sin embargo algunas de estas funcionalidades pueden adaptarse a otro tipo de escenarios como lo son la función de exportación de PostgreSQL a Geopackage o la carga de datos masiva a una base de datos de PostgreSQL lo que hace este sea un plugin versátil y adaptable a diferentes requerimientos, por otro lado, la implementación ha mejorado la eficiencia en la configuración y centralización de la información utilizada y almacenada como resultado del trabajo de campo reduciendo el tiempo en la estructuración y consolidación de la misma.

Los resultados de la evaluación respaldan la eficacia y utilidad del plugin para mejorar la captura y estructuración de datos en el contexto del modelo MAG de la ANLA, lo que sugiere su valor como una herramienta efectiva en proyectos ambientales que requieren de la captura de datos en campo. De igual manera abre una oportunidad de mejora conforme a las sugerencias obtenidas y asi mismo brinda la oportunidad de escalabilidad y mantenimiento de plugin frente a futuros desafíos permitiendo ampliar el alcance y funcionalidad del mismo.

9. Referencias

Ambuila, J. A. G., y Davila, A. E. O. (2020). Gestión de información geográfica aplicada a la administración de tierras en Colombia mediante el uso de herramientas de software libre. *UD y la geomática*, *15*, Article 15. https://doi.org/10.14483/23448407.17346

Anbaroğlu, B., Coşkun, İ. B., Brovelli, M. A., Obukhov, T., y Coetzee, S. (2020). EDUCATIONAL MATERIAL DEVELOPMENT ON MOBILE SPATIAL DATA COLLECTION USING OPEN SOURCE GEOSPATIAL TECHNOLOGIES. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *XLIII-B4-2020*, 221-227. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2020-221-2020

Cipagauta Méndez, A. F., y Galindo Hernández, P. A. (2020). *Desarrollo del Plugin ZoniClim en QGIS para calcular mapas de zonificación climática y diligenciar su tabla de atributos según el modelo de datos establecido por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA*. http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/29741

Cortés, C. (2022). *Desarrollo de una herramienta de captura de datos para inventario de infraestructura sobre un dispositivo móvil y complemento para extracción y visualización formato geográfico KML*. [Universidad de Salamanca]. https://gredos.usal.es/handle/10366/149759

Duncan, J., Davies, K. P., Saipai, A., Vainikolo, L., Wales, N., Varea, R., Bruce, E., y Boruff, B. (2022). AN OPEN-SOURCE MOBILE GEOSPATIAL PLATFORM FOR AGRICULTURAL LANDSCAPE MAPPING: A CASE STUDY OF WALL-TO-WALL FARM SYSTEMS MAPPING IN TONGA. *The International Archives of the*

Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, *XLVIII-4-W1-2022*, 119-126. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W1-2022-119-2022

Freire, C. E., y Painho, M. (2014). Development of a Mobile Mapping Solution for Spatial Data Collection Using Open-Source Technologies. *Procedia Technology*, *16*. https://doi.org/10.1016/j.protcy.2014.10.115

Gamez Rojas, M. R., Cuellar Monroy, C., y Mesa Garces, C. (2021). *Procesos de mutaciones y divisiones materiales en el nuevo catastro multipropósito. Uso del modelo LADM_COL* [Bachelor thesis, Universidad Santo Tomás]. https://repository.usta.edu.co/handle/11634/35650

Gibson, R. (2022). *Geologic Mapping—QField Ecosystem Documentation*. https://docs.qfield.org/success-stories/geologic-mapping/

Hamzah, A., Mat Yatin, S. F., Ismail, N., y Ghazali, S. (2018). *(PDF) Data Capturing: Methods, Issues and Concern*. https://www.researchgate.net/publication/334239390_Data_Capturing_Methods_Issues_and_Concern

Lopez Daza, J. L., y Tenjo Ramos, E. A. (2021). *MITTAGIS – Plugin de QGIS para la captura y visualización de datos de calidad del agua de fuentes hídricas en la empresa Mittag Water Engineering, Colombia*. http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/28216

Martínez Labiano. (2022). *Desarrollo de una aplicación GIS para la optimización de la gestión del trabajo de Basozainak/Guarderío de Medio Ambiente*.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). Guía para el Diligenciamiento y Presentación del Modelo de Datos Geográficos. *Ministerio de Ambiente y Desarrollo*

Sostenible. https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/guia-para-el-diligenciamiento-y-presentacion-del-modelo-de-datos-geograficos/

Ostadabbas, H., Weippert, H., y Behr, F.-J. (2020). USING THE SYNERGY OF QFIELD FOR COLLECTING DATA ON-SITE AND QGIS FOR INTERACTIVE MAP CREATION BY ALKISyreg; DATA EXTRACTION AND IMPLEMENTATION IN POSTGRESQL FOR URBAN PLANNING PROCESSES. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *XLIII-B4-2020*, 679-683. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2020-679-2020

Scobie, G. (2021). *A Review of Open-source Field Data Collection Technology for Use in Enterprise GIS*. https://doi.org/10.7488/era/2183