



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Implementación de una Infraestructura de Datos Espaciales
(IDE) para la gestión de información batimétrica*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Luana Horna Martínez

DIRECTOR: Iván Puente Luna

CURSO ACADÉMICO: 2022-2023

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Implementación de una Infraestructura de Datos Espaciales
(IDE) para la gestión de información batimétrica*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Infantería de Marina

UniversidadeVigo

RESUMEN

El objetivo del presente Trabajo de Fin de Grado consiste en la selección e implementación de una IDE basada en GeoNode, un gestor de contenido Open Source que permite las actividades de catalogación, análisis de información y publicación de datos geoespaciales. Se utilizará para ello un espacio de la red para la validación del proyecto.

Se ha trabajado con datos de carácter marino y metadatos del portal temático Batimetría de la Red Europea de Observación de Datos Marinos – EMODnet –, que serán integrados con otra información batimétrica de carácter privado y recogida en el proyecto LAMINAE, financiado por el CUD en su convocatoria del año 2021.

Se alcanzan diferentes objetivos, entre los que se incluyen la importación de capas, la creación de mapas y el estudio de las diferentes herramientas que ofrece la plataforma. Esto ha permitido el análisis de zonas costeras con mayor precisión y eficacia. También se expone la inclusión de QGIS en la interfaz, lo que ha mejorado significativamente la gestión de los datos geoespaciales y su publicación.

Como consecuencia de todo ello, se logra una mejor toma de decisiones y un uso más eficiente de los recursos en los procesos de planeamiento de operaciones anfibias.

PALABRAS CLAVE

GeoNode, Infraestructura de Datos Espaciales, Sistema de Información Geográfica, Metadatos, Batimetría.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor, Iván Puente Luna, su constante paciencia conmigo durante la realización del proyecto. Sin su ayuda, el objetivo logrado no sería el mismo. El desarrollo de este trabajo al lado de una persona con tanta consideración y empatía, han hecho de este proyecto una experiencia grata.

También agradezco a mi familia; mi madre, Pilar, y mis hermanos, Paula, Marta, Mateo y Gabriel; por su apoyo incondicional a lo largo de estos años. Su aliento y cariño han sido fundamentales en mis logros. Ellos han sido el pilar de mi corto recorrido profesional.

Adicionalmente, quiero expresar mi agradecimiento a mis mandos militares – en especial al departamento 4 – que me han inculcado una actitud y un modo de vida basados en la perseverancia y el esfuerzo. Han desempeñado un papel importante en mi crecimiento personal y profesional.

Asimismo, agradezco profundamente a mis compañeros de la promoción 153 el haber estado junto a mí durante estos cinco últimos años en la Escuela Naval Militar. Ellos han sido quienes me han motivado a ser mejor persona y mejor militar.

Por último, me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que me han ayudado a lo largo de mi trayectoria académica. Vuestro apoyo, ánimo y orientación han sido inestimables, y mi gratitud hacia vuestras contribuciones a mi éxito es de corazón.

CONTENIDO

Contenido	6
Índice de Figuras	10
Índice de Tablas.....	14
1 Introducción y objetivos	16
1.1 Preámbulo	16
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Objetivo general.....	17
1.3 Objetivos específicos	18
1.3.1 Descarga e instalación del software GeoNode – Geoserver.	18
1.3.2 Descarga de datos geográficos desde diferentes plataformas digitales.	18
1.3.3 Familiarización con las herramientas QSIG.	19
1.3.4 Creación de capas de información batimétrica.	19
1.3.5 Publicación de las capas.	19
1.4 Organización de la memoria	19
2 Estado del arte	20
2.1 Las Infraestructuras de Datos Espaciales.....	20
2.1.1 Introducción	20
2.1.2 Desde los SIG a las IDEs.....	20
2.1.3 Concepto de interoperabilidad	21
2.1.4 Definición tecnológica.....	22
2.1.5 Diferencia entre SIG e IDE.....	23
2.1.6 Implicaciones de una IDE.....	23
2.1.7 Aplicaciones de una IDE	24
2.1.8 Componentes de una IDE	24
2.1.9 Actores de una IDE.....	25
2.1.10 Organización de una IDE.....	26
2.2 IDEE.....	26
2.2.1 Infraestructura de Datos Espaciales de España.....	26
2.3 GeoNode	27
2.3.1 Concepto	27
2.3.2 Ventajas y desventajas	27
3 Metodología.....	28
3.1 Instalación de GeoNode	28
3.1.1 Introducción	28

3.1.2 Núcleo de GeoNode.....	29
3.1.3 Instalación de las dependencias	29
3.2 Guía rápida de uso de GeoNode	30
3.2.1 Creación de capas	30
3.2.2 Creación de mapas en GeoNode.....	33
3.2.3 Publicación de mapas en GeoNode	34
3.3 Descarga de datos geoespaciales.....	35
3.3.1 European Marine Observation and Data Network (EMOD Net)	36
3.3.2 General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO).....	38
3.3.3 World Mapping System (WMS).....	39
4 Resultados	40
4.1 Importación de capas	40
4.2 Creación de mapas	41
4.3 QGIS y su integración con GeoNode.....	47
4.4 Servicios remotos en GeoNode	52
4.5 Publicación.....	55
5 Conclusiones y líneas futuras	56
5.1 Conclusiones	56
5.2 Líneas futuras	57
5.2.1 Inclusión en los procesos de planeamiento militares.....	57
5.2.2 Apoyo en la respuesta a catástrofes	58
5.2.3 Cartografía evolutiva	58
5.2.4 Integración con otras tecnologías	58
6 Bibliografía.....	60
Anexo I: Implicaciones Sociales, Económicas y Ambientales	64
Anexo II: Reflexiones Éticas y Sociales	68
Anexo III: Instalación de las dependencias de GeoNode	70
6.1.1 Instalación de GeoNode.....	71
6.1.2 Configuración de la base de datos PostGIS	71
6.1.3 Instalar GeoServer	73
6.1.4 Servidor web	75
6.1.5 Actualización de la configuración de los servicios.....	75
6.1.6 Instalación y habilitación de conexión segura HTTPS.....	76
6.1.7 Habilitación de tareas totalmente asincrónicas.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Desembarco en playa "Porto Celo" (autoría propia)	16
Figura 1-2 Reembarque en playa "Porto Celo" (autoría propia)	16
Figura 1-3 Operaciones Anfibias en playa "Porto Celo" por la Cía. de Alumnos (autoría propia) .	17
Figura 1-4 Tránsito en las proximidades costeras de Marín por Cía. de Alumnos (autoría propia)	18
Figura 2-1 Representación visual de un Sistema de Información Gráfica [5]	20
Figura 2-2 Evolución natural de los SIG (autoría propia).....	21
Figura 2-3 Representación gráfica de la interoperabilidad [7]	22
Figura 2-4 Representación gráfica de las IDEs [6]	22
Figura 2-5 Las IDE como herramienta de desarrollo y fortalecimiento (autoría propia).....	24
Figura 2-6 Componentes de las IDEs (autoría propia).....	25
Figura 2-7 Actores de una IDE (autoría propia).....	26
Figura 3-1 Componentes de la arquitectura de GeoNode [10].....	28
Figura 3-2 Vista principal de la dirección web GeoNode [13]	30
Figura 3-3 Inicio de sesión en GeoNode (autoría propia)	30
Figura 3-4 Vista principal de GeoNode desde sesión personal iniciada (autoría propia)	30
Figura 3-5 Acceso a gestión de capas (autoría propia).....	31
Figura 3-6 Configuración de capas (autoría propia).....	31
Figura 3-7 Segunda opción de acceso a gestión de capas (autoría propia)	31
Figura 3-8 Paso 1: Vista de la interfaz de GeoNode para la generación de capas (autoría propia) .	31
Figura 3-9 Paso 2: Selección de metadatos a configurar en las capas (autoría propia).....	31
Figura 3-10 Análisis de subida progresiva de metadatos a la interfaz (autoría propia)	32
Figura 3-11 Subida de metadatos a la interfaz completada (autoría propia).....	32
Figura 3-12 Selección de capas (autoría propia)	32
Figura 3-13 Información de capa en GeoNode [13].....	33
Figura 3-14 Opción 1: Creación de mapas en GeoNode [13]	33
Figura 3-15 Opción 2: Creación de mapas en GeoNode [13]	33
Figura 3-16 Visualización en GeoNode de la configuración de un mapa [13]	33
Figura 3-17 Pestaña "Nuevas Capas" [13]	34
Figura 3-18 Pestaña de selección de Capas [13]	34
Figura 3-19 Guardado de proyectos [13].....	34
Figura 3-20 Parámetros de publicación de mapas en GeoNode [13]	35
Figura 3-21 Nivel mínimo de marea (Fuente: EMODnet) [20]	36
Figura 3-22 Profundidad media (Fuente: EMODnet) [20].....	36

Figura 3-23 Vectores y polígonos de rastro global (Fuente: EMODnet) [20]	36
Figura 3-24 Límite del ecosistema marino (Fuente: EMODnet) [20].....	36
Figura 3-25 Zona económica exclusiva (Fuente: EMODnet) [20].....	37
Figura 3-26 Contornos batimétricos (Fuente: EMODnet) [20].....	37
Figura 3-27 Topología geográfica (Fuente: EMODnet) [20]	37
Figura 3-28 Contaminación marítima (Fuente: EMODnet) [20]	37
Figura 3-29 Descarga de metadatos desde EMODnet Map Viewer (autoría propia)	38
Figura 3-30 Descarga de metadatos desde GEBCO (autoría propia).....	39
Figura 4-1 Visualización portal GeoNode (autoría propia).....	40
Figura 4-2 Opción 1 de visualización de recursos (autoría propia).....	41
Figura 4-3 Opción 2 de visualización de recursos (autoría propia).....	41
Figura 4-4 Acceso general a creación de mapas (autoría propia)	41
Figura 4-5 Filtrado de recursos desde usuario propio (autoría propia)	42
Figura 4-6 Panel informativo de selección de cada recurso (autoría propia).....	42
Figura 4-7 Agregar conjunto de datos al mapa (autoría propia)	43
Figura 4-8 Creación de un mapa con tres conjuntos de datos (autoría propia)	43
Figura 4-9 Mapa TFG_37 con una de sus capas en modo oculto (autoría propia)	43
Figura 4-10 Mapa TFG_37 con solo una capa en visualización (autoría propia)	44
Figura 4-11 Opciones de edición de estilo de capas (autoría propia)	44
Figura 4-12 Opciones de edición de información avanzada (autoría propia)	45
Figura 4-13 Opciones de edición de información avanzada (autoría propia)	45
Figura 4-14 Permisos y licencias del mapa TFG_37 (autoría propia)	46
Figura 4-15 Herramienta "Lupa" (autoría propia).....	46
Figura 4-16 Herramienta "Medir" (autoría propia)	46
Figura 4-17 Complementos de integración QGIS-GeoNode instalados (autoría propia)	47
Figura 4-18 Configuración de conexión a GeoNode (autoría propia).....	48
Figura 4-19 Zona de Pruebas II zona industrial [21].....	48
Figura 4-20 Localización y dimensionamiento de Zona de Pruebas II [21]	48
Figura 4-21 Estudio batimétrico: Modelo Slido [21]	49
Figura 4-22 Estudio batimétrico: Modelo Texturizado [21]	49
Figura 4-23 Nube de puntos resultante del estudio batimétrico [21]	49
Figura 4-24 Producto resultante sobre QGIS [21].....	50
Figura 4-25 Administrador de fuentes de datos - Nube de puntos (autoría propia).....	50
Figura 4-26 Exportación de archivo .geotiff (autoría propia)	51
Figura 4-27 Vista en detalle de la selección de archivo tipo TIFF/GeoTIFF (autoría propia).....	51
Figura 4-28 Configuración de las características de archivo de tipo GeoTIFF (autoría propia).....	51

Figura 4-29 Producto final resultante de importar un archivo GeoTIFF (autoría propia)	51
Figura 4-30 Vista MDT en GeoNode generado en el TFG [21] (autoría propia)	52
Figura 4-31 Interfaz de la Infraestructura de Datos y Servicios de España [22].....	52
Figura 4-32 Catálogo de la IDEE [22]	52
Figura 4-33 Imagen satélite NOAA AVHRR (autoría propia)	53
Figura 4-34 Paso 1: Servicios Remotos (autoría propia).....	53
Figura 4-35 Resultado 1: Servicios Remotos (autoría propia)	53
Figura 4-36 Registro de nuevo servicio (autoría propia)	54
Figura 4-37 Resultado de GeoNode utilizando servicios remotos (autoría propia)	54
Figura 5-1 Errores de funcionamiento de la interfaz en localhost (autoría propia).....	56
Figura 5-2 Tiempo de visualización de interfaz prolongado (autoría propia).....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Diferencias entre SIG e IDE [8].....	23
Tabla 3-1 Formatos soportados por GeoNode [15].....	35

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Preámbulo

La necesidad de conocer el terreno en el desarrollo de cualquier planeamiento dentro de las operaciones militares es, ha sido y será un factor clave para lograr el éxito de una misión. Específicamente en el Cuerpo de Infantería de Marina, los cometidos que se asignan a las diferentes unidades que lo conforman tienen una naturaleza anfibia propia (Figura 1-1 y Figura 1-2). El término “anfíbio” se refiere al despliegue coordinado de fuerzas tanto navales, como aéreas y terrestres en un entorno principalmente costero o litoral. Este medio puede estar restringido por la geografía, el terreno u otros factores. Y aquí es donde cobran mayor importancia los datos batimétricos.

La batimetría es el estudio de la profundidad, la topografía y las características físicas del fondo marino, y es esencial para la planificación de las rutas de navegación, la identificación de los puntos de desembarco y la planificación logística en cualquier misión anfibia. La batimetría también es importante para la seguridad de las unidades, ya que permite identificar posibles obstáculos y peligros en la zona de operaciones. Desempeña un papel fundamental en las operaciones de la Infantería de Marina española, debido al hecho de que proporciona información esencial para planificar y ejecutar misiones marítimas, incluidas las operaciones de búsqueda y rescate, los ejercicios militares y los estudios submarinos [1].



Figura 1-1 Desembarco en playa "Porto Celo"
(autoría propia)



Figura 1-2 Reembarque en playa "Porto Celo"
(autoría propia)

Además, la existencia de mapas y datos batimétricos son cruciales. Dada la gran extensión de la costa española y sus numerosos territorios mar adentro, la precisión en la información batimétrica es fundamental para el uso seguro y eficaz de sus recursos marinos y la protección de sus fronteras. Por ello, la Infantería de Marina española depende en gran medida de las tecnologías avanzadas y de su

experiencia para operar sobre los complejos entornos del fondo marino y mantener su disponibilidad operativa.

Comprender la forma, el tamaño y la composición del fondo oceánico es vital. Con la creciente complejidad de las operaciones navales modernas, el acceso a datos batimétricos precisos y actualizados se ha convertido en un aspecto esencial de la estrategia marítima. Por ejemplo, las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) son marcos de tecnologías, políticas y acuerdos institucionales que facilitan la disponibilidad, el acceso y el uso de servicios geoespaciales en múltiples sectores y ámbitos. Precisamente, una de las virtudes de las IDEs reside en que transforman el antiguo modelo monopolista en uno nuevo donde la información y los productos geográficos son públicos y se comparten bajo unas determinadas reglas. Además, otro de los componentes clave de una IDE es el uso de software de SIG¹ que permitan la visualización, el análisis y la gestión de datos geoespaciales. En el caso de las operaciones militares, pueden utilizarse para crear bases de datos temáticas y cartográficas que integren diversos tipos de datos: sobre el terreno, sobre infraestructuras y operativos. Estas bases de datos pueden utilizarse para apoyar la planificación, ejecución y evaluación de operaciones militares. En general, el uso de las IDEs y software SIG como QGIS pueden proporcionar un apoyo fundamental a las operaciones militares al ayudar a garantizar que las tropas se desplieguen en los lugares más ventajosos, que tengan acceso a los recursos necesarios y que puedan navegar y maniobrar con eficacia en terrenos complejos y variados.



Figura 1-3 Operaciones Anfibias en playa "Porto Celo" por la Cía. de Alumnos (autoría propia)

En conclusión, la realización de un estudio batimétrico de la zona de operaciones es necesario para el éxito de las operaciones anfibias (Figura 1-3), y es una actividad que debe ser realizada con precisión y meticulosidad por las fuerzas militares que se preparan para ejecutar estas misiones, como la BRIMAR. Con el avance de las tecnologías, ahora tenemos a nuestra disposición programas informáticos que contribuyen a perfeccionar el análisis de la topografía costera y cuyo estudio es el motivo principal de este proyecto, a través de la creación de una IDE con información batimétrica de interés.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

El objetivo principal del presente TFG consiste en la creación de una Infraestructura de Datos Espaciales del municipio de Marín y de su entorno, que contendrá datos georreferenciados relacionados con playas y zonas costeras. La infraestructura servirá de plataforma para la integración de diversos

¹ Sistemas de Información Geográfica

conjuntos de datos geoespaciales, como imágenes por satélite, fotografías aéreas y datos LiDAR, con el fin de completar los mapas batimétricos con mayor detalle y con distintas resoluciones.

La Infraestructura de Datos Espaciales proporcionará a los usuarios de todo el mundo acceso a los datos y análisis producidos por el proyecto. Esta accesibilidad permitirá una toma de decisiones y una planificación mejor informadas en relación con las operaciones marinas. Los usuarios podrán acceder a los datos a través de una interfaz web interactiva que facilitará su visualización y análisis. La infraestructura también permitirá compartir datos y conocimientos entre las distintas partes interesadas, incluidos organismos gubernamentales, instituciones de investigación, organizaciones sin ánimo de lucro y el sector privado.

Se ha seleccionado GeoNode como plataforma para alojar la IDE. La Infraestructura de Datos Espaciales del proyecto contribuirá significativamente a avanzar en la comprensión y gestión de los recursos costeros y marinos. En conjunto, la creación de esta infraestructura supondrá un paso importante hacia la gestión sostenible de los recursos marinos y la protección de la salud de los océanos (Figura 1-4).



Figura 1-4 Tránsito en las proximidades costeras de Marín por Cía. de Alumnos (autoría propia)

Para mejorar aún más el estudio de la batimetría, el proyecto pretende crear una Infraestructura de Datos Espaciales que se centrará en datos georreferenciados relacionados con playas y zonas costeras.

La Infraestructura de Datos Espaciales del proyecto contribuirá significativamente a avanzar en la comprensión y gestión de los recursos costeros y marinos. Esta accesibilidad permitirá una toma de decisiones y una planificación mejor informadas en relación con las operaciones marinas. Los usuarios podrán acceder a los datos a través de una interfaz web interactiva que facilitará su visualización y análisis. La infraestructura también permitirá compartir datos y conocimientos entre las distintas partes interesadas, incluidos organismos gubernamentales, instituciones de investigación, organizaciones sin ánimo de lucro y el sector privado.

1.3 Objetivos específicos

1.3.1 Descarga e instalación del software GeoNode – Geoserver.

En esta sección, se aprenderá a descargar e instalar el software GeoNode - Geoserver, que es una potente herramienta para gestionar y publicar datos geoespaciales en la web.

1.3.2 Descarga de datos geográficos desde diferentes plataformas digitales.

Esta sección proporciona información sobre cómo descargar datos geoespaciales desde distintas plataformas digitales. Este conocimiento es esencial para cualquier persona que trabaje con datos geoespaciales, ya que le ayuda a recopilar información de distintas fuentes.

1.3.3 Familiarización con las herramientas QSIG.

Esta sección presenta las herramientas de software QSIG, que son aquellas utilizadas para procesar, visualizar y analizar datos geoespaciales. Familiarizarse con ellas es necesario para realizar tareas complejas de análisis geoespacial.

1.3.4 Creación de capas de información batimétrica.

En esta sección, se crearán capas de información batimétrica, que es el estudio de la profundidad y el terreno submarinos. Se trata de un conocimiento esencial para el análisis de la batimetría.

1.3.5 Publicación de las capas.

Esta sección explica el proceso de publicación de capas de datos geoespaciales en la web. Se pondrán los datos a disposición de los demás, lo que les permitirá colaborar y tomar decisiones informadas utilizando datos geoespaciales.

1.4 Organización de la memoria

El desarrollo del proyecto se inicia con una descripción detallada de los conceptos básicos relacionados con el tema a abordar: las Infraestructuras de Datos Espaciales y GeoNode. Se analizará la evolución del desarrollo de este tipo de tecnología de análisis de información georreferenciada y, además, se ofrecerá un contexto general de sus características. Seguidamente, se describirán los términos específicos de sistema y en particular del software empleado: GeoNode – servicio fundamental para la realización de esta memoria. Todo ello estará recogido en el apartado 2.

A continuación, el apartado 3 presentará en detalle las herramientas y recursos que ofrece GeoNode, así como su instalación y uso. No solo se mostrarán las capacidades de creación de capas y mapas georreferenciados; sino que también se valorarán diferentes fuentes de descarga de metadatos como son WMS (“Web Map Service”) y GEBCO (“General Bathymetric Chart of the Oceans”).

Posteriormente, se presentarán los productos fruto de las operaciones realizadas con GeoNode. El apartado 4 cubrirá los resultados obtenidos en metadatos de capas, geohistorias y publicaciones.

Las conclusiones del proyecto, así como sus posibles líneas de aplicación a largo plazo, se analizarán en el apartado 5. Se enumerarán las diferentes corrientes de desarrollo y contribución por parte de estas tecnologías, tanto como medios de obtención de información como métodos de predicción y previsión de acontecimientos, y se aportará una breve explicación de cada una.

Por último, el apartado 6 servirá como apoyo para justificar la documentación presentada y presentar la bibliografía empleada, necesaria para la investigación. Se organizará en anexos.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Las Infraestructuras de Datos Espaciales

2.1.1 Introducción

Este apartado introduce las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs), así como GeoNode en particular. Dado que se trata de una tecnología innovadora y reciente, se proporciona una descripción previa de los conceptos básicos necesarios para su comprensión. Además, se incluye un análisis de la evolución de la información georreferenciada y se ofrece un contexto general de sus características. De esta forma, se adquirirá el suficiente conocimiento del servicio ofrecido para poder interpretar este informe.

2.1.2 Desde los SIG a las IDEs

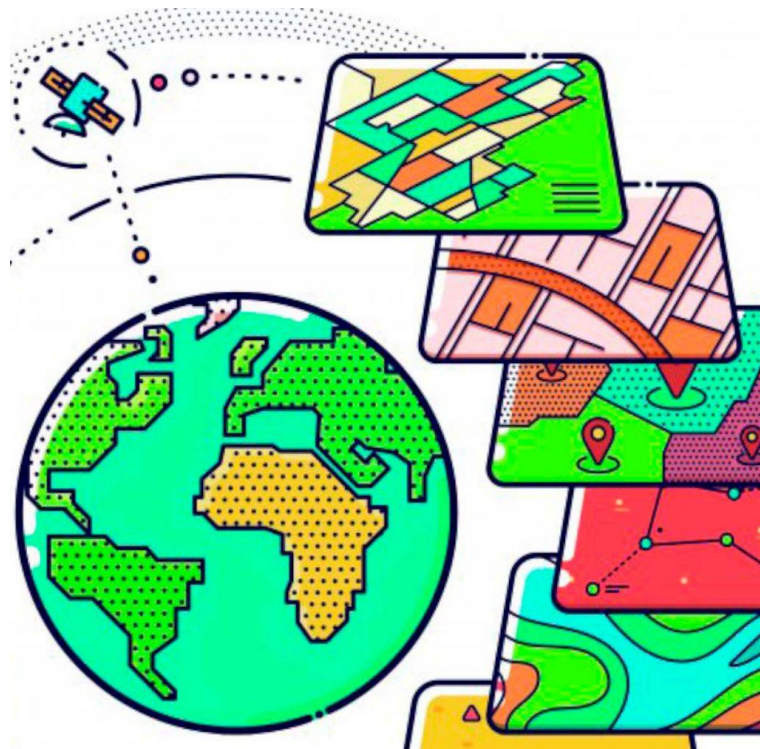


Figura 2-1 Representación visual de un Sistema de Información Gráfica [5]

La información geográfica es un dato fundamental para comprender fácilmente el territorio. Los mapas son una pieza fundamental para el correcto funcionamiento en la comunicación y comprensión del entorno, su análisis y la difusión de su estado actual. Los *Sistemas de Información Geográfica (SIG)* son empleados como redes de gestión de datos geográficos por gran parte de la sociedad desde los años noventa. A pesar de que la mayoría de los consumidores destacan su facilidad de uso y ventajas gráficas, aún a día de hoy persisten algunos problemas que dificultan su aplicación práctica; por ejemplo, acceso a fuentes de información o el uso de formatos físicos frecuentemente desconocidos o inaccesibles (Figura 2-1).

Para mitigar muchas de las debilidades que presentaban los primeros SIG, se aplicó la filosofía de uso de sistemas abiertos, que impulsaron la necesidad de interoperabilidad y el acceso público en la web – especificados por el *Open Geospatial Consortium (OGC)*. Como consecuencia de lograr el establecimiento de estos dos objetivos se integraron en los SIG la consulta, análisis, manipulación y estandarización de datos geoespaciales a nivel global. Es decir, que surgieron las *IDEs* – *Infraestructuras de Datos Espaciales* o servicios estándar online interoperables y accesibles al público de gestión de datos georreferenciados.

En conclusión, una IDE es el siguiente paso al uso de un SIG: los datos pasan a ser publicados en Internet y a ser usados mediante protocolos normalizados (Figura 2-2). El acceso a la tecnología geoespacial es más sencillo tanto para el usuario, que accede a los servicios a partir de un simple navegador con una interfaz mínima, como para los técnicos de la red [6].

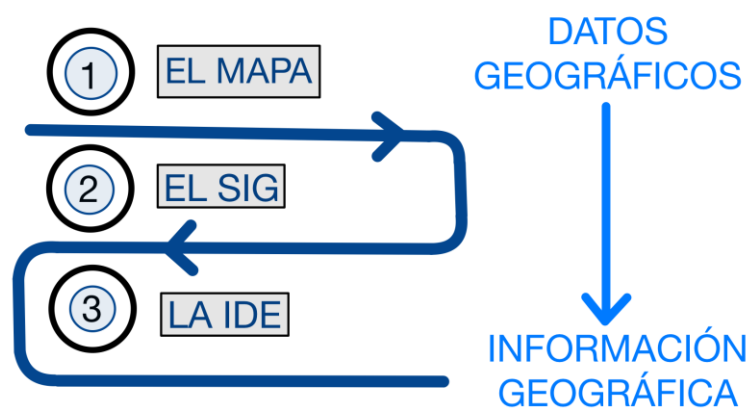


Figura 2-2 Evolución natural de los SIG (autoría propia)

2.1.3 Concepto de interoperabilidad

La interoperabilidad se define como la *capacidad de distintos sistemas, aplicaciones o componentes tecnológicos para trabajar juntos y compartir información sin necesidad de adaptación o modificación significativa*. En el contexto de la tecnología de la información, la interoperabilidad se refiere a la capacidad de diferentes sistemas de información, plataformas y aplicaciones para trabajar juntos de manera efectiva y sin interrupciones, permitiendo la transferencia fluida de información y datos entre ellos.

La interoperabilidad en Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs) se logra a través del uso de estándares desarrollados por el *Open Geospatial Consortium (OGC)*. La misión del OGC es fomentar el desarrollo y el uso de técnicas y estándares abiertos e interoperables en el campo de la información geográfica. Establece especificaciones para interfaces espaciales disponibles a nivel mundial. El *GML*, acrónimo inglés de *Geographic Markup Language* o *Lenguaje de Mercado Geográfico*, es un formato consensado y formalizado por el OGC para el modelado, almacenamiento y transporte de información vectorial independiente de cualquier compañía comercial. La implementación de estos estándares en las IDEs permite la interoperabilidad (Figura 2-3) entre diferentes sistemas y el intercambio de información geográfica sin problemas.



Figura 2-3 Representación gráfica de la interoperabilidad [7]

En resumen, gracias a los sistemas interoperables un usuario accede a los datos con independencia de las fuentes. La interoperabilidad obliga a estructurar y normalizar la información, lo que mejora la rapidez y la fiabilidad.

2.1.4 Definición tecnológica

La definición tecnológica de una Infraestructura de Datos Espaciales consiste en una red descentralizada de servidores, que incluye datos y atributos geográficos, metadatos, métodos de búsqueda, visualización y valoración de los datos, servicios para la gestión de esos datos y algún mecanismo para proporcionar acceso. Además, es imprescindible que incorpore políticas y acuerdos institucionales, y en consecuencia el establecimiento de sus respectivos protocolos, cuya finalidad será facilitar la disponibilidad de esos datos y servicios ofrecidos.

Un nodo IDE es una estructura particular de datos y servicios de información geográfica actualizada que se constituye bajo un sistema integrado de acceso a Internet (Figura 2-4). Para que el funcionamiento de esta plataforma virtual esté adecuadamente georreferenciado y sea interoperable debe cumplir con una serie de protocolos y especificaciones normalizadas. Cada nodo genera y aporta información, por lo tanto, la suma de todos ellos genera su recopilación, procesamiento y publicación como datos geoespaciales. El acceso unificado a datos, servicios y aplicaciones que ofrecen estos nodos tiene lugar a partir de portales públicos y privados.



Figura 2-4 Representación gráfica de las IDEs [6]

2.1.5 Diferencia entre SIG e IDE

La IDE permite acceder a información geográfica de manera fácil, eficiente y a bajo costo a través de Internet. Los servicios de la IDE permiten buscar, visualizar y descargar datos geográficos mediante servicios en línea estandarizados. Los datos pueden ser visualizados en mapas en línea y descubiertos en catálogos de metadatos. A diferencia de un SIG de escritorio, que solo permite visualizar datos en una computadora, una IDE permite acceder a servicios de información geográfica en línea sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados y soluciona problemas de distribución y conversión de formatos (Tabla 2-1).

Características	SIG	IDE
PLATAFORMA	Servidores elegidos de manera corporativa	Intranet/Internet mediante clientes
FORMATO DE ARCHIVOS	Variable, en función de cada marca o plataforma	Universal y homogéneo
ACCESIBILIDAD	Limitada a la Intranet y la plataforma	Universal, a través de Internet
INTEROPERABILIDAD	Entre ordenadores con la misma plataforma	Universal, mediante el establecimiento de servicios
PERSONALIZACIÓN	Dependiente de lenguajes de propietarios	Dependiente de lenguajes universales (php, java, gml...)
INFORMACIÓN SOBRE LOS DATOS	Desconocido, se asumen como buenos	Mediante metadatos
UBICACIÓN DE LOS DATOS	Centralizada en servidores	Descentralizada (nube GIS)
CAPACIDAD DE ANÁLISIS	La propia de la plataforma corporativa elegida	La propia de la plataforma elegida
PUBLICACIÓN DE DATOS	Mediante el servidor (si dispone de uno)	A través de servicios y clientes
BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN	Mediante software desarrollado con esta finalidad	Mediante catálogos de datos
ACTUALIZACIÓN	A partir de búsqueda y carga	Automáticamente
BENEFICIARIO	Entidad corporativa que lo sustenta	Universal
COSTE DE LICENCIAS	Variable, dependiendo de la marca	Sin coste

Tabla 2-1 Diferencias entre SIG e IDE [8]

2.1.6 Implicaciones de una IDE

Una IDE proporciona acceso en línea a información geográfica generada por municipios, provincias, regiones o países. Esta información es valiosa para proyectos gubernamentales, académicos y de mejora económica, social y ambiental. La información geográfica incluye ubicación, estadísticas territoriales, etc. y está disponible de manera rápida y sencilla.

El gobierno debe adaptarse a esta nueva opción que ofrece muchas posibilidades y escenarios para acceder a los datos territoriales (Figura 2-5).

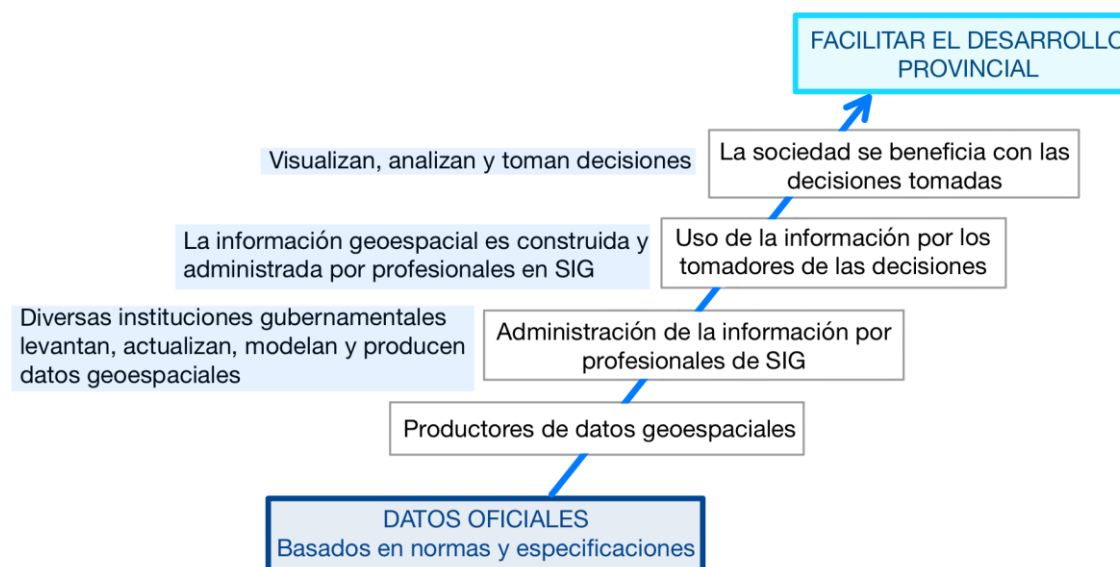


Figura 2-5 Las IDE como herramienta de desarrollo y fortalecimiento (autoría propia)

2.1.7 Aplicaciones de una IDE

La información geográfica, producida por organizaciones como la Administración Pública, debe ser accesible de manera fácil, cómoda y eficiente a través de una red. Estos datos son costosos de producir y difíciles de acceder debido a formatos, modelos, políticas de distribución y falta de información. Una IDE busca minimizar estos obstáculos para mejorar la distribución y uso de la información geográfica. La reutilización de la información geográfica para diferentes proyectos también es una oportunidad importante.

Las IDE son necesarias porque proporcionan un entorno integrado para el desarrollo de software, incluyendo herramientas para escribir, probar y depurar código. Ofrecen una experiencia más eficiente y productiva para los desarrolladores, ya que tienen acceso a todas las herramientas necesarias en un solo lugar. Además, las IDE aumentan la calidad y la estabilidad del código al proporcionar herramientas de depuración y automatización de compilación. En resumen, las IDE son esenciales para un desarrollo de software eficiente y de alta calidad.

Las aplicaciones más importantes de una IDE son:

- Desarrollo de software: brinda un ambiente integrado para escribir, probar y depurar código.
- Edición de código: incluye editores de código con características avanzadas como autocompletar, resaltado de sintaxis, etc.
- Depuración: permite identificar y corregir errores en el código.
- Automatización de construcción: permite automatizar el proceso de compilación y construcción del software.
- Gestión de proyectos: proporciona una vista integrada de los elementos y tareas relacionadas con un proyecto de software.
- Integración de herramientas: integra diferentes herramientas y componentes necesarios para el desarrollo de software en un solo entorno.

2.1.8 Componentes de una IDE

Los componentes de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) son:

1) Datos espaciales: que pueden ser de tipo topográfico o temático, recolectados, procesados y elaborados para representar información espacial sobre un plano.

2) **Servicios:** funcionalidades accesibles mediante tecnologías telemáticas interoperables que permiten interactuar con los datos geográficos.

3) **Metadatos:** información asociada a los datos producidos que recogen las características descriptivas de los mismos (fecha, origen, autor, sistema de coordenadas, etc.). Los metadatos son un elemento esencial para conocer las características de la información con la que se trabaja.

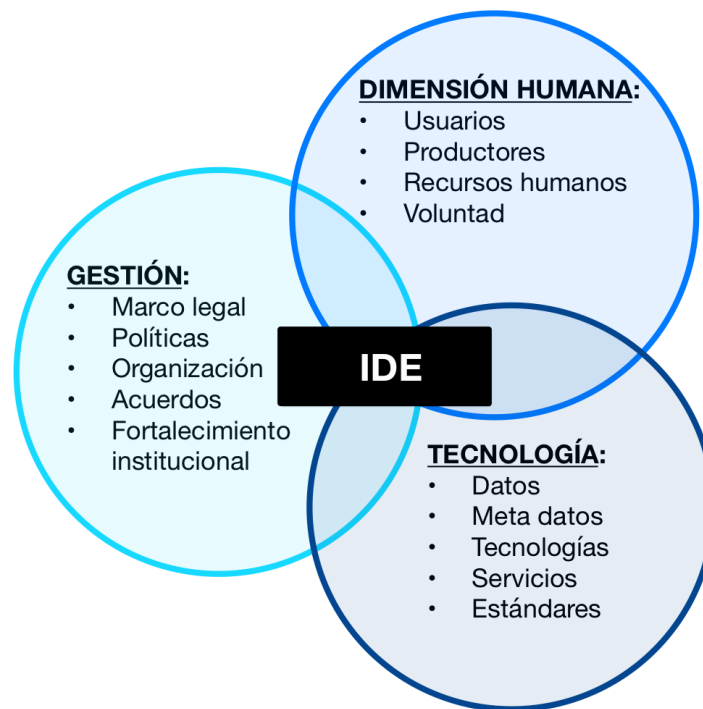


Figura 2-6 Componentes de las IDEs (autoría propia)

Se puede comprender de una manera más simplificada la manera en que está conformada una IDE según la Figura 2-6 expuesta.

2.1.9 Actores de una IDE

Los actores comunes de una IDE, tal y como se expone en la Figura 2-7, incluyen:

- Organismos públicos encargados de generar y mantener los datos.
- Usuarios finales de la información que utilizan los servicios de una IDE para resolver sus problemas y demandan información. Estos pueden ser individuos, organismos públicos, empresas privadas, universidades, asociaciones u otros agentes sociales. El usuario es considerado el actor más importante de una IDE, ya que todo se realiza para ellos y con su opinión, capacidad de decisión y satisfacción en mente.
- Desarrolladores de software que crean programas y aplicaciones para publicar servicios e implementar geo-portales para acceder y utilizar los datos.
- Socios comerciales que son instituciones, organismos y empresas que utilizan servicios de información para apoyar sus actividades internas y externas, como el uso de servidores de mapas web.

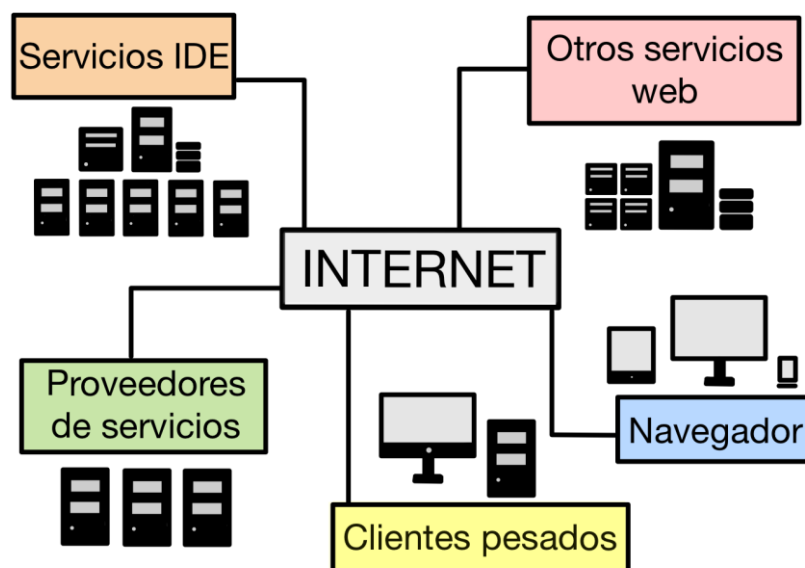


Figura 2-7 Actores de una IDE (autoría propia)

2.1.10 Organización de una IDE

Las IDEs son organizadas a nivel global por la *Global Spatial Data Infrastructure Association (GSDI)*. La GSDI es una organización global que reúne a entidades de todo el mundo con el objetivo de promover el desarrollo de las IDEs a nivel global. Se enfoca en garantizar el acceso global y público a la información geográfica y para lograr esto, promueve la sensibilización e implementación de políticas afines, la estandarización y los mecanismos efectivos para el desarrollo, accesibilidad e interoperabilidad de datos geográficos digitales y tecnologías.

En el sitio web del GSDI se encuentran publicaciones técnicas útiles para conocer mejor las IDEs, como por ejemplo "*The Spatial Data Infrastructure Cookbook*", que explica en detalle los objetivos, componentes y servicios mínimos de las IDEs [9].

2.2 IDEE

2.2.1 Infraestructura de Datos Espaciales de España

La *Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE)* [10] es un proyecto diseñado para la gestión y fusión de los datos geográficos de las Administraciones Públicas de España. Su objetivo es publicar la información geográfica oficial y hacerla accesible, legible por máquina, fácil de localizar y reutilizable a través de metadatos. La IDEE se basa en normas internacionales y reglamentos europeos para garantizar la interoperabilidad y armonización de la información geográfica.

La IDEE está integrada por organizaciones responsables de datos clasificados por la Comisión Europea a través del Reglamento 1089/2010 de la Directiva INSPIRE, como *Dirección General de Catastro* y *Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG)* entre otros [11].

El *Instituto Geográfico Nacional (IGN)*, a través de su Centro Nacional de Información Geográfica, se encarga de planificar y gestionar la Infraestructura de Información Geográfica de España y de normalizar y armonizar la información geográfica oficial, en el marco del Sistema Cartográfico Nacional [11]. También se encarga de desarrollar servicios y sistemas de información geográfica de valor añadido, como, por ejemplo:

- 1) Geoportal de Infraestructuras de Datos Espaciales de España
- 2) Consejo Directivo de la Infraestructura de Información Geográfica en España

- 3) Visualizador de Información geográfica
- 4) Servicios web de la Directiva Inspire
- 5) Nodo de la Infraestructura de Datos Espaciales del IGN

2.3 GeoNode

2.3.1 Concepto

GeoNode es una plataforma de código abierto para la creación y el despliegue de Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE). GeoNode permite a los usuarios capturar, almacenar, gestionar y compartir datos geoespaciales en un entorno centralizado y seguro [13].

Es una solución escalable y flexible que se puede adaptar a las necesidades de diferentes organizaciones y proyectos. Ofrece una amplia gama de características, incluyendo la capacidad de crear mapas interactivos, descargar y compartir datos, realizar análisis geoespaciales y mucho más. Además, es compatible con una gran variedad de estándares y protocolos geoespaciales, lo que facilita la integración con otros sistemas y plataformas. También es una solución de código abierto, lo que significa que se puede modificar y personalizar para satisfacer las necesidades específicas de una organización o proyecto.

2.3.2 Ventajas y desventajas

Ventajas de usar GeoNode:

- Gratuito y personalizable: como solución de código abierto, GeoNode se puede modificar para satisfacer las necesidades específicas de una organización.
- Compatibilidad con estándares geoespaciales: GeoNode es compatible con muchos estándares y protocolos, facilitando la integración con otros sistemas.
- Fácil de usar: GeoNode tiene una interfaz amigable para la captura, almacenamiento, gestión y compartición de datos geoespaciales.
- Escalabilidad: GeoNode es una solución flexible y escalable para adaptarse a diferentes organizaciones y proyectos.

Desventajas de usar GeoNode:

- Requisitos técnicos: GeoNode requiere ciertos conocimientos técnicos para su configuración y personalización.
- Soporte limitado: como solución de código abierto, el soporte para GeoNode puede ser limitado comparado con soluciones comerciales.
- En resumen, GeoNode es una opción atractiva para organizaciones que buscan una plataforma de código abierto para Infraestructuras de Datos Espaciales. Sin embargo, es importante evaluar si cumple con los requisitos técnicos y de soporte antes de elegirlo.

3 METODOLOGÍA

3.1 Instalación de GeoNode

3.1.1 Introducción

Para implementar la IDE se escogió como plataforma de la gestión y publicación de la información batimétrica a GeoNode, pues es un software libre que permite la creación de datos, metadatos y la visualización de mapas, al tiempo que la información creada puede ser pública o permanecer restringida a determinados usuarios. Además, como una de sus ventajas, incorpora muchos estándares del Open Geospatial Consortium (OGC), incluido el Servicio de Mapas Web (WMS) y el Servicio de Características Web (WFS).

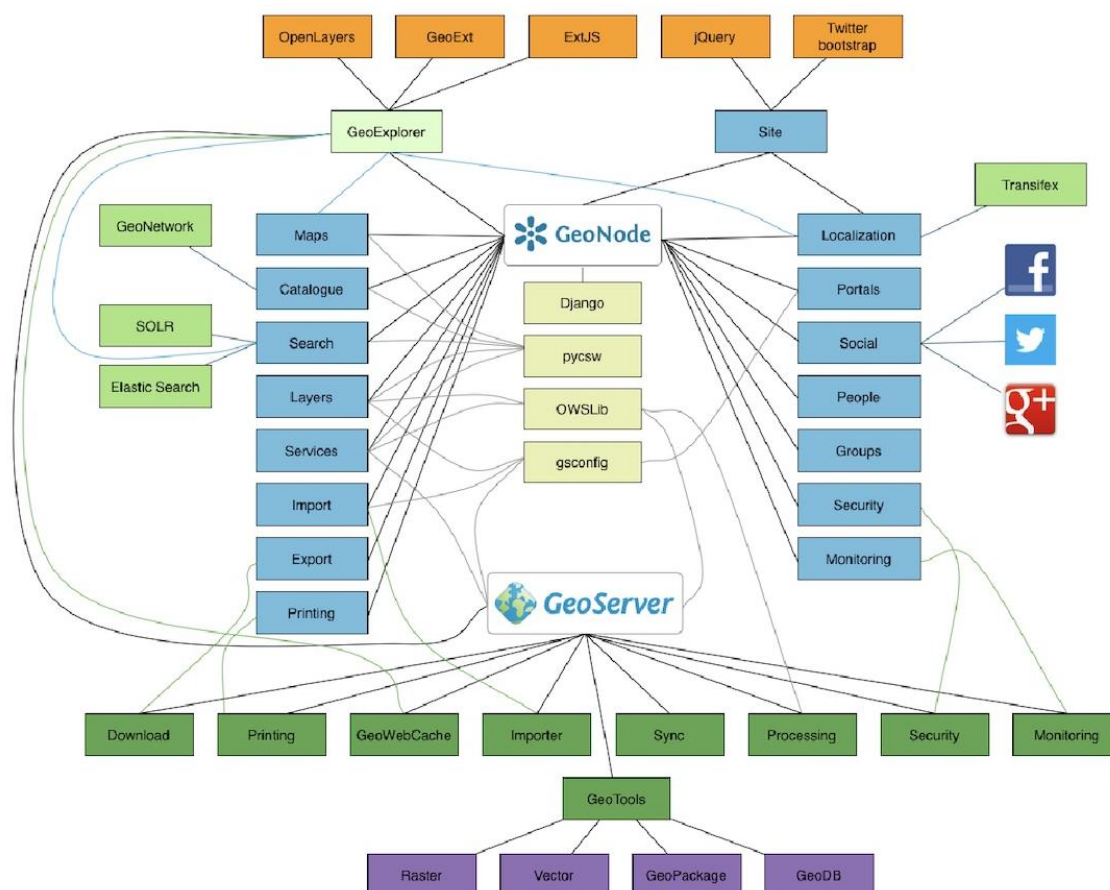


Figura 3-1 Componentes de la arquitectura de GeoNode [10]

GeoNode está construido en Python (concretamente sobre los paquetes de *pycsw*, *OWSLib* y *gsconfig*) y Django que permite a los usuarios cargar, describir, compartir y utilizar sus datos geoespaciales (Figura 3-1). En general, se describe a GeoNode como un CMS (Sistema de Gestión de Contenido) geoespacial [13].

Para que todos los componentes de esta estructura de red funcionen adecuadamente debe asegurarse el funcionamiento de los siguientes elementos:

- *Django*
- *PostGIS*
- *GeoServer/QGIS Server*
- *GeoWebCache*
- *Pycsw / GeoNetwork*
- *MapStore*

En las próximas líneas, se presentan las etapas seguidas en el proceso de instalación. No es imprescindible que la instalación del software se realice a partir de Ubuntu [14]. También se puede crear un espacio de trabajo a partir de un simulador Linux dentro del sistema operativo de Windows.

Una vez se haya conseguido acceso a GeoNode desde el ordenador propio, se ofrecen múltiples funciones gracias al apoyo base que tiene esta interfaz sobre Geoserver. La estructura y herramientas que propone la configuración de GeoNode se muestran en la Figura 3-1.

3.1.2 Núcleo de GeoNode

La configuración de GeoNode se realiza a partir de un proceso guiado y orientado por el equipo de GeoSpace vía Internet. Según las instrucciones que aportan, se instala el sistema para su ejecución sobre *DEBUG mode* (también conocido como *DEVELOPMENT mode*). Se activa en un servidor HTTPD para servir a GeoNode a través del puerto estándar *HTTP (80)*.

En el caso particular de este proyecto, se expone el desarrollo de la instalación del software de GeoNode utilizando Ubuntu versión 22.04.1 LTS. Este entorno acumula sesenta y cuatro bits en el escritorio o servidor; además de imponer la necesidad de usar comandos de Shell que han de ser ingresados en una terminal local o remota. Los comandos de Shell son las instrucciones de texto específicas que se utilizan para interactuar con el sistema operativo. Son útiles para realizar tareas como navegar por el sistema de archivos, gestionar procesos y configurar el entorno de trabajo del ordenador. La terminal es la interfaz de línea de comandos que posibilita esta interacción entre el sistema y los usuarios. Este proyecto utiliza una terminal local; es decir, que se ejecuta directamente en el ordenador en el que se está trabajando – si fuera una terminal remota se accedería a través de una red permitiendo interactuar a distancia [15].

3.1.3 Instalación de las dependencias

En el Anexo III: Instalación de las dependencias de GeoNode, se describe el proceso de instalación de esta plataforma de código abierto para compartir datos geoespaciales y crear mapas. La primera parte consiste en importar los paquetes y herramientas necesarios para configurar GeoNode. Cabe destacar el uso de Ubuntu Server, que es una versión de Ubuntu optimizada para ejecutar tareas de servidor y diseñada para ser altamente segura, escalable y fácil de usar.

El proceso de instalación incluye la verificación de las actualizaciones del sistema, la instalación de los paquetes de sistema necesarios, la creación de un nuevo entorno virtual en Python para evitar conflictos con otras instalaciones de software y la instalación de paquetes Python.

Es de especial importancia para lograr la instalación completa de los servicios de GeoNode efectuar la configuración de la base de datos PostGIS. Antes de proceder a su instalación hay que garantizar la capacidad de empleo de esta extensión de PostgreSQL diseñada específicamente para trabajar con datos geoespaciales. Incluye, a su vez, la instalación de paquetes PostgreSQL y la creación de dos bases de datos, *geonode* y *geonode_data*, para el rol de usuario GeoNode.

Por último, la extensión PostGIS se ejecuta mediante comandos específicos. Entonces, finalmente, se puede hacer uso de la plataforma de GeoNode en el sistema operativo propio.

3.2 Guía rápida de uso de GeoNode

3.2.1 Creación de capas

Una vez instalado GeoNode, el servidor web puede iniciar el servicio y acceder a través de la dirección web. Al ingresar a esta dirección, se mostrará la página principal del programa, que puede ser personalizada y modificada según las necesidades del usuario. Además, la página principal de GeoNode (Figura 3-2) proporciona una amplia gama de funcionalidades para gestionar y publicar información geoespacial, incluyendo la creación de mapas, la visualización de datos en capas, la búsqueda y descarga de datos, y la gestión de usuarios y permisos [13].

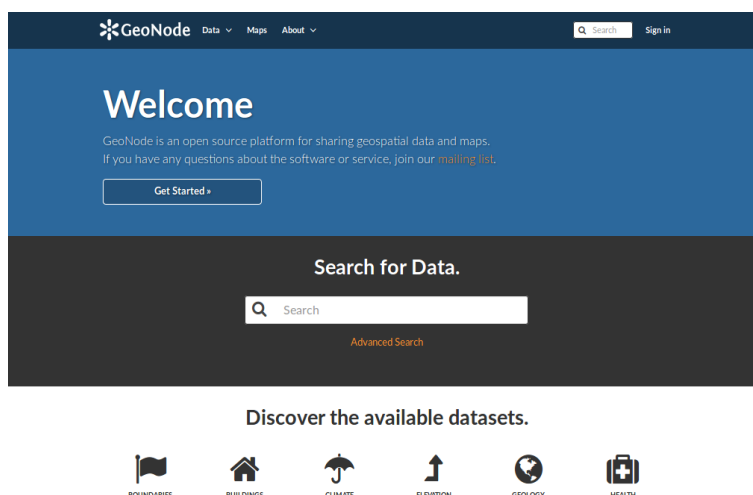


Figura 3-2 Vista principal de la dirección web GeoNode [13]

Se debe iniciar sesión como usuario registrado para poder editar las capas y los mapas espaciales. En caso contrario, solo se puede acceder a la visualización de los datos; es decir, que se impone una limitación de lectura. En la interfaz de la página web, el enlace para acceder a la identificación se encuentra en la esquina superior derecha. Al hacer clic en este enlace, se redirige al usuario a la página de inicio de sesión donde se solicitan las credenciales correspondientes para autenticar al usuario (Figura 3-3). Una vez que las credenciales son proporcionadas y verificadas, se puede acceder a las funciones de gestión y publicación de datos geoespaciales según los permisos asignados a la cuenta de usuario (Figura 3-4).

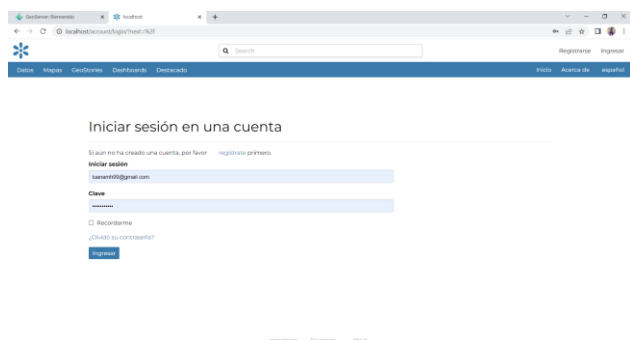


Figura 3-3 Inicio de sesión en GeoNode (autoría propia)



Figura 3-4 Vista principal de GeoNode desde sesión personal iniciada (autoría propia)

En GeoNode, las capas son elementos que muestran fuentes de datos espaciales en formato vectorial o ráster. Cada capa puede tener metadatos asociados, clasificaciones y comentarios. Para ver las capas disponibles, se debe seleccionar la opción "Datos" en la barra de navegación superior y hacer clic en el enlace "Datasets" (Figura 3-5). Al acceder a la lista de capas publicadas, se pueden visualizar y gestionar todas las capas disponibles en el sistema (Figura 3-6).

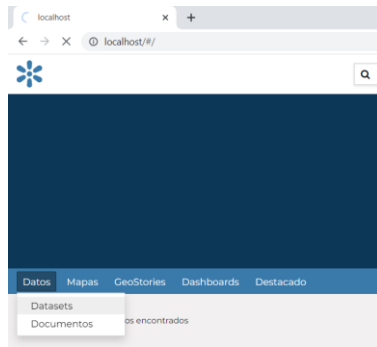


Figura 3-5 Acceso a gestión de capas (autoría propia)

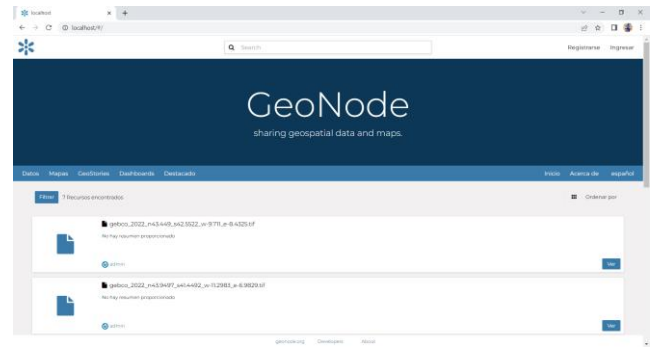


Figura 3-6 Configuración de capas (autoría propia)

Para agregar una capa, se debe seleccionar el botón “*Agregar recurso*” en la parte superior derecha de la página. Aunque también existe la posibilidad de cargar datos desde otra dirección web a partir de la opción del menú de “*Subir Conjunto de Datos*” (Figura 3-7).

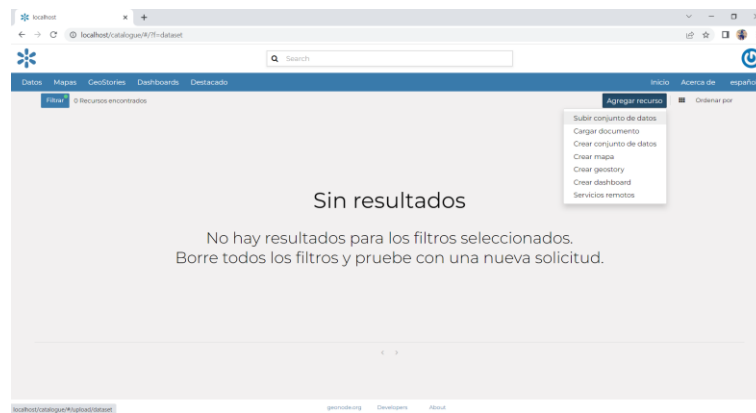


Figura 3-7 Segunda opción de acceso a gestión de capas (autoría propia)

Al acceder a la interfaz correspondiente, se pueden cargar archivos en GeoNode en formatos prj, dbf y shx (Figura 3-8) y (Figura 3-9). Es importante que los archivos estén completos y en los formatos mencionados. En caso contrario, GeoNode notifica al usuario antes de proceder con la carga de los archivos. Si los datos se encuentran en el formato adecuado, se podrá completar su integración a la interfaz para operar con ellos en la distribución de capas (Figura 3-10) y (Figura 3-11).

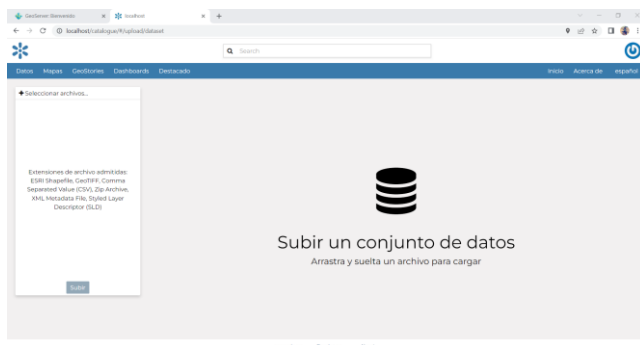


Figura 3-8 Paso 1: Vista de la interfaz de GeoNode para la generación de capas (autoría propia)

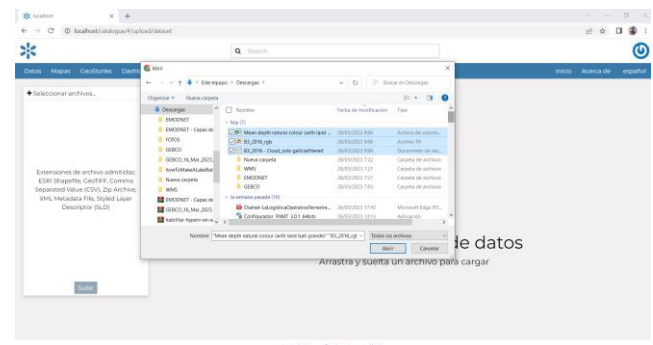


Figura 3-9 Paso 2: Selección de metadatos a configurar en las capas (autoría propia)

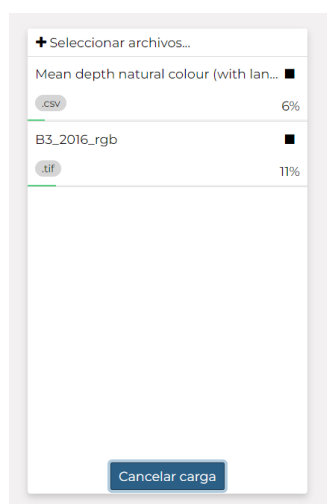


Figura 3-10 Análisis de subida progresiva de metadatos a la interfaz (autoría propia)

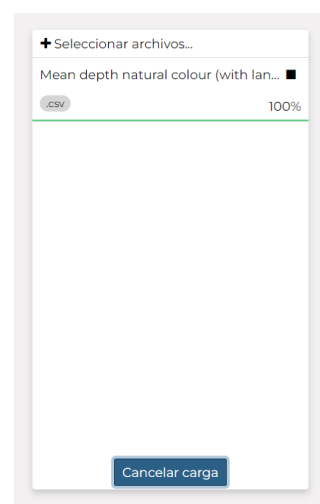


Figura 3-11 Subida de metadatos a la interfaz completada (autoría propia)

Ahora será posible ver -y seleccionar- aquellos archivos descargables con los que se desee operar y trabajar (Figura 3-12).

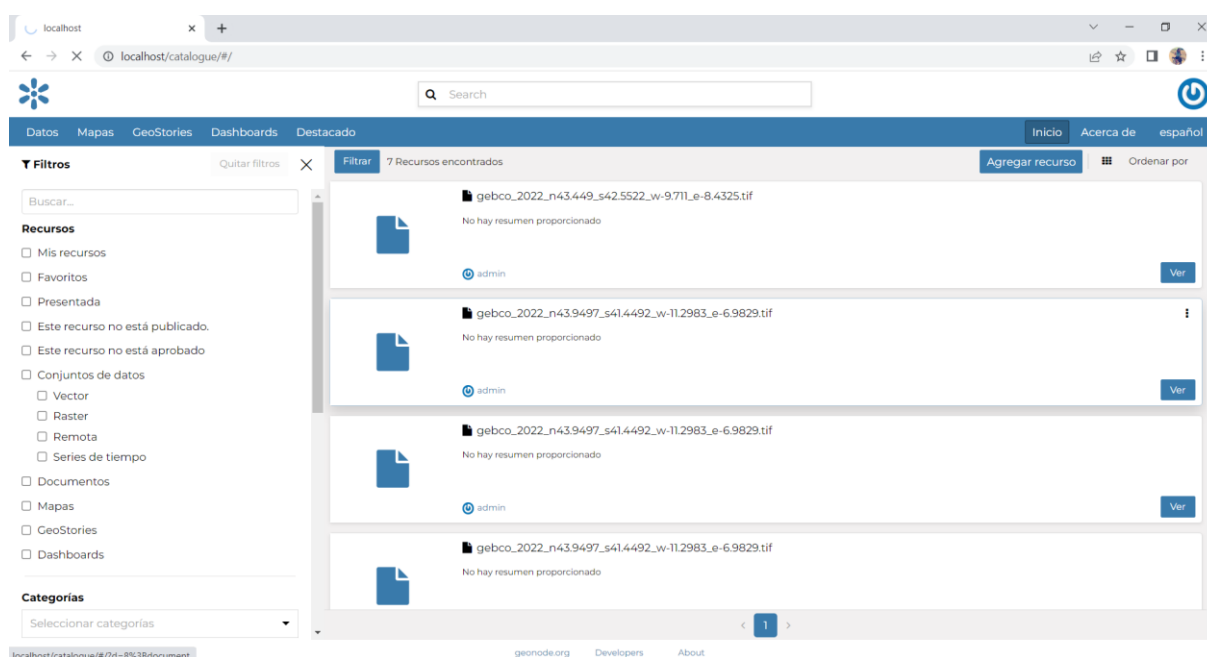


Figura 3-12 Selección de capas (autoría propia)

GeoNode permite restringir el acceso a las capas en cuanto a quiénes pueden ver, editar y administrarla. Esta sección está situada en el lado derecho de la interfaz: "*Permisos*". La limitación de acceso a la capa propia favorece la autoría exclusiva de la misma, garantizando que otros usuarios no sean capaces de editarla. La elección se encuentra en la pestaña de "*Quién puede ver y descargar estos datos*". Seleccionando "*Cualquier usuario registrado*" se asegura el anonimato. También en la misma sección, seleccionando el nombre de usuario, se reclama la autoría de la capa.

Para obtener una vista previa de la capa cargada en GeoNode, se accede a partir de la casilla de "*Información de capa*". También es posible editar los metadatos y el estilo de la capa a través de los botones "*Editar metadatos*" y "*Administrar estilos*", respectivamente. Además, en la misma pestaña se permite acceso a la información de detalles de la capa (Figura 3-13).



Figura 3-13 Información de capa en GeoNode [13]

3.2.2 Creación de mapas en GeoNode

Para crear un mapa y agregar las capas recién creadas, hay que seleccionar la pestaña "Explorar Mapas" en la barra de herramientas (Figura 3-14) y hacer clic en "Crear un Nuevo Mapa" (Figura 3-15). En la interfaz de composición del mapa, las capas se agregan seleccionándolas en el panel izquierdo y arrastrándolas al panel derecho. A continuación, se configuran las propiedades del mapa y se guarda el mapa recién creado (Figura 3-16).

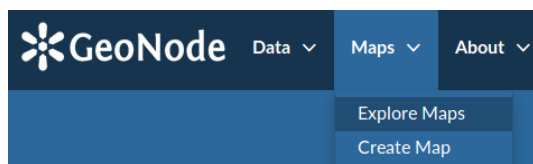


Figura 3-14 Opción 1: Creación de mapas en GeoNode [13]

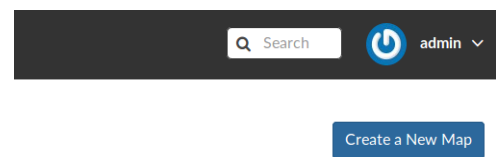


Figura 3-15 Opción 2: Creación de mapas en GeoNode [13]

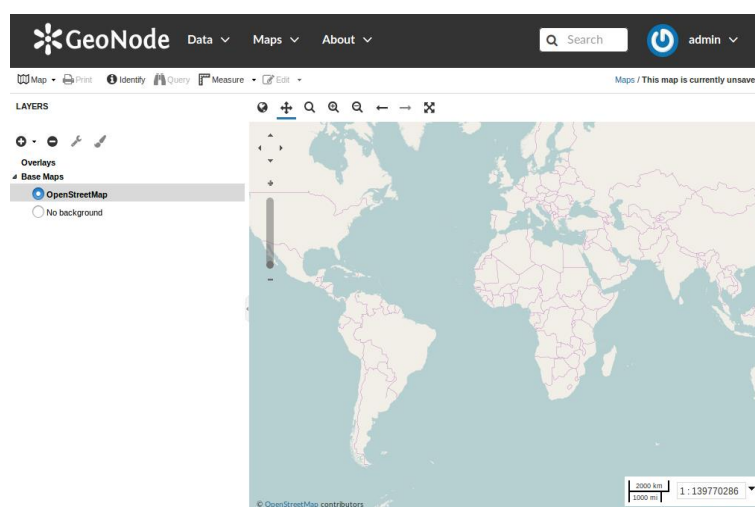


Figura 3-16 Visualización en GeoNode de la configuración de un mapa [13]

Para finalizar, es necesario entrar en la interfaz propia de composición de mapa. Esta pestaña muestra una barra de herramientas, una lista de capas y una ventana de mapa con la capa "OpenStreetMap" por defecto. Para agregar capas adicionales, se debe pulsar el botón "Nuevas Capas" y seleccione "Agregar

Capas" (Figura 3-17). Se deberían poder ver todas las capas disponibles (Figura 3-18). En este caso, incluye las que se hayan agregado antes. Las capas se añaden al mapa o producto final.

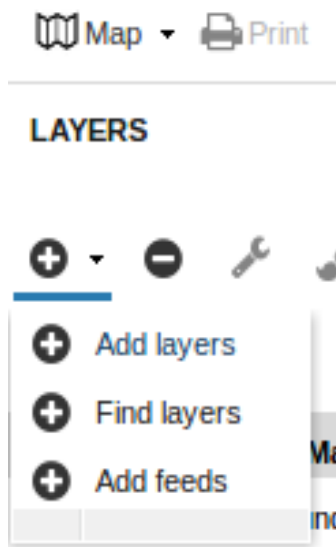


Figura 3-17 Pestaña "Nuevas Capas" [13]

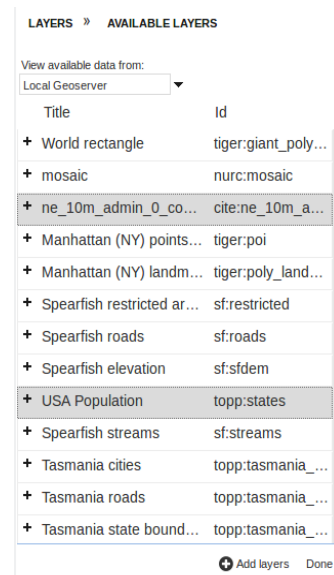


Figura 3-18 Pestaña de selección de Capas [13]

Finalmente, será necesario guardar los cambios del proyecto a partir de la pestaña “Guardar Mapa”. Además, se ingresa un título y un resumen para el mapa creado según la Figura 3-19 del guardado del proyecto.

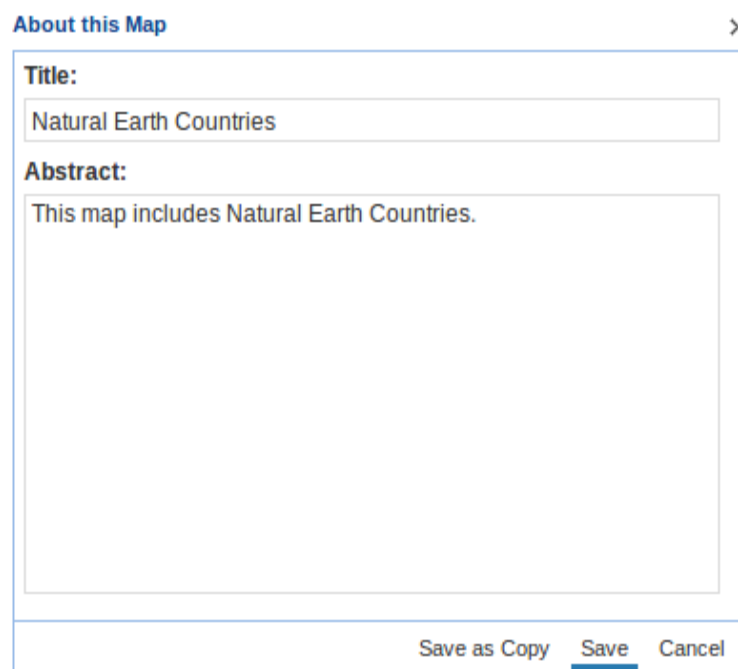


Figura 3-19 Guardado de proyectos [13]

3.2.3 Publicación de mapas en GeoNode

Para permitir la compartición y difusión de los datos georreferenciados, se selecciona el área destinada a la publicación y se selecciona “Zoom” para extender la capa. En este estado, se procederá a confirmar la publicación del proyecto. Finalmente, se deben ajustar los parámetros de visualización para completar el proceso tal y como se muestra en la Figura 3-20 expuesta a continuación:

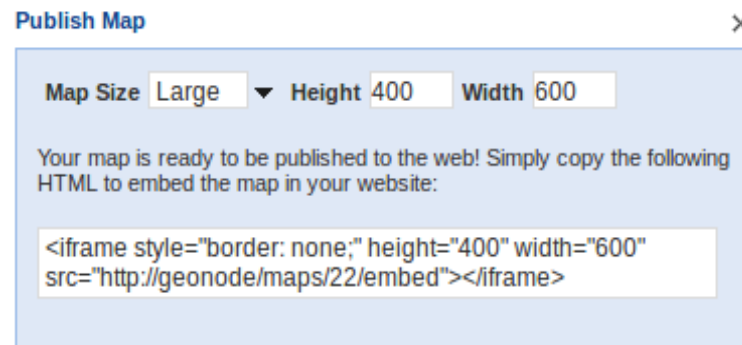


Figura 3-20 Parámetros de publicación de mapas en GeoNode [13]

3.3 Descarga de datos geoespaciales

GeoServer y GeoNode son capaces de trabajar con varios formatos de archivo de datos geoespaciales. Algunos de los formatos más comunes que se pueden utilizar para las capas que se agreguen a GeoServer o GeoNode incluyen:

- Shapefile (.shp, .shx, .dbf, .prj): Es uno de los formatos más comunes para datos geoespaciales. Se utiliza para representar datos vectoriales (puntos, líneas, polígonos) y puede ser utilizado tanto en Geoserver como en GeoNode.
- GeoJSON (.json): Es un formato de intercambio de datos geoespaciales basado en el estándar JSON. Se utiliza para representar datos vectoriales y es compatible con Geoserver y GeoNode.
- KML (.kml, .kmz): Es un formato de archivo utilizado para representar datos geoespaciales en 3D. KML se utiliza principalmente para datos de visualización en Google Earth, pero también es compatible con Geoserver y GeoNode.
- GeoTIFF (.tiff): Es un formato de archivo utilizado para datos ráster. Se utiliza para representar datos como mapas de elevación, mapas de temperatura y otros datos de cobertura terrestre.

En la Tabla 3-1 se resume la extensión permitida tanto para datos espaciales como para documentos.

Extensión para datos espaciales	Extensión para documentos
Shapefile (shp)	Word (doc, docx)
Comma-separated (csv)	Graphics Interchange (gif)
Markup Language (kml)	Photographic Experts Group (jpg-jpeg)
Kml Comprimido (kmz)	Portable Document Format (pdf)
JavaScript Object Notation (json, geojson)	Network Graphics (png, ppt, pptx)
Tagged Image File Format (tiff, geotiff)	Styled Layer Descriptor (sld)
Geography Markup Language (gml)	Textfile (txt, xls, xlsx, zip)
Extensible Markup Language (xml)	GNU zip (gz, gml)

Tabla 3-1 Formatos soportados por GeoNode [15]

Es importante tener en cuenta que se debe hacer una elección del formato de archivo adecuado. En general, es recomendable utilizar formatos estándar y abiertos para asegurar la interoperabilidad y la compatibilidad con otras aplicaciones de SIG.

Para adquirir estos datos, se hace uso de las siguientes fuentes que permiten la descarga de información georreferenciada a partir de webs públicas. El objetivo será obtener capas que nos permitan operar con la información para facilitar su comprensión y uso.

3.3.1 *European Marine Observation and Data Network (EMOD Net)*

EMODnet es un proyecto estratégico y ambicioso de la Unión Europea que ha sido impulsado por la Dirección General de Asuntos Marítimos y Pesca de la Comisión Europea (DG Mare) como parte de la visión de una política marítima común. Se compone de siete áreas temáticas: batimetría (Figura 3-20, Figura 3-21, Figura 3-22 y Figura 3-26), geología (Figura 3-27), biología (Figura 3-24), física, química (Figura 3-28), hábitats y actividad humana (Figura 3-23 y Figura 3-25). Los datos para cada lote se obtienen de forma voluntaria por organismos, instituciones y empresas y se integran en una única plataforma en línea denominada Sea Data Net. Esta plataforma ofrece acceso a los siete portales temáticos específicos, desde donde se pueden ver los metadatos de los productos disponibles y solicitarlos. La mayoría de los datos están disponibles de forma pública, salvo en casos extraordinarios.



Figura 3-21 Nivel mínimo de marea (Fuente: EMODnet) [20]

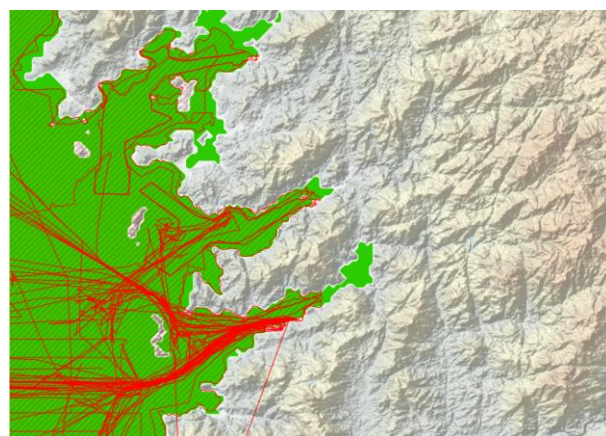


Figura 3-23 Vectores y polígonos de rastro global (Fuente: EMODnet) [20]

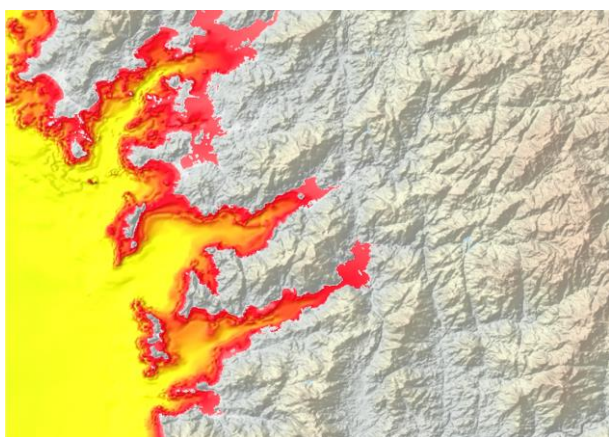


Figura 3-22 Profundidad media (Fuente: EMODnet) [20]

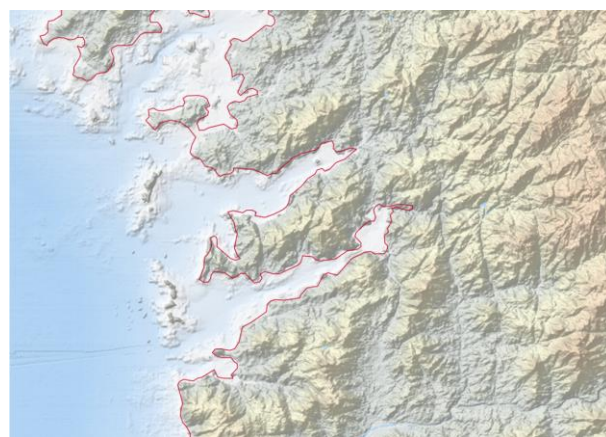


Figura 3-24 Límite del ecosistema marino (Fuente: EMODnet) [20]



Figura 3-25 Zona económica exclusiva (Fuente: EMODnet) [20]



Figura 3-27 Topología geográfica (Fuente: EMODnet) [20]



Figura 3-26 Contornos batimétricos (Fuente: EMODnet) [20]

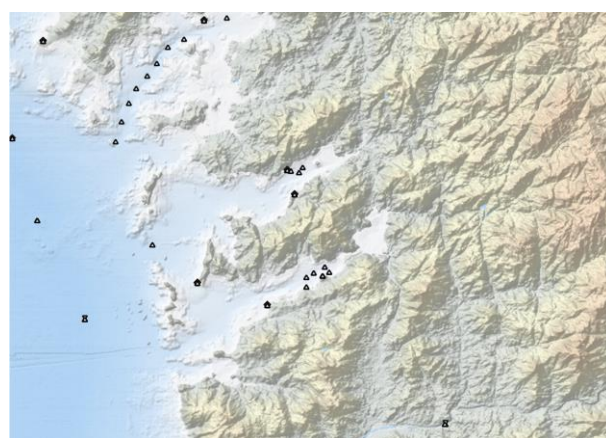


Figura 3-28 Contaminación marítima (Fuente: EMODnet) [20]

Esta iniciativa europea tiene como objetivo facilitar el acceso a datos marinos y costeros de alta calidad para su uso en investigaciones, aplicaciones comerciales y políticas. El Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM) participó como socio en el consorcio responsable de proporcionar datos batimétricos de alta calidad para la plataforma en línea *Sea Data Net* [17] en la segunda fase del proyecto EMODnet. El portal EMODnet ofrece acceso a conjuntos de datos batimétricos y metadatos correspondientes que cubren la mayoría de las zonas de las campañas cartográficas, así como un visor batimétrico multicapa con funciones de medición de distancias y perfiles batimétricos. Los datos están disponibles en formato de *Modelo Digital del Terreno* (MDT) [18] y cumplen con las normas ISO² e INSPIRE³. Cabe destacar que todos los productos ofrecidos en el portal EMODnet están sujetos a la modalidad de "Reutilización con licencia para uso no comercial" [19].

Para hacer uso de los servicios de EMODnet, es necesario acceder a su plataforma. Después de acceder al portal EMODnet, se permite seleccionar el conjunto de datos deseado y descargar el archivo correspondiente.

En la Figura 3-29 a continuación se ofrece la visualización de la plataforma.

² Las normas ISO son estándares internacionales que establecen requisitos, especificaciones, directrices o características técnicas que buscan mejorar la calidad, seguridad y eficiencia de los productos, servicios y procesos en diversos ámbitos y sectores.

³ Las normas INSPIRE son un marco legislativo europeo que establece un conjunto común de reglas y estándares para la gestión de datos geoespaciales y su intercambio entre las administraciones públicas y otros usuarios autorizados.

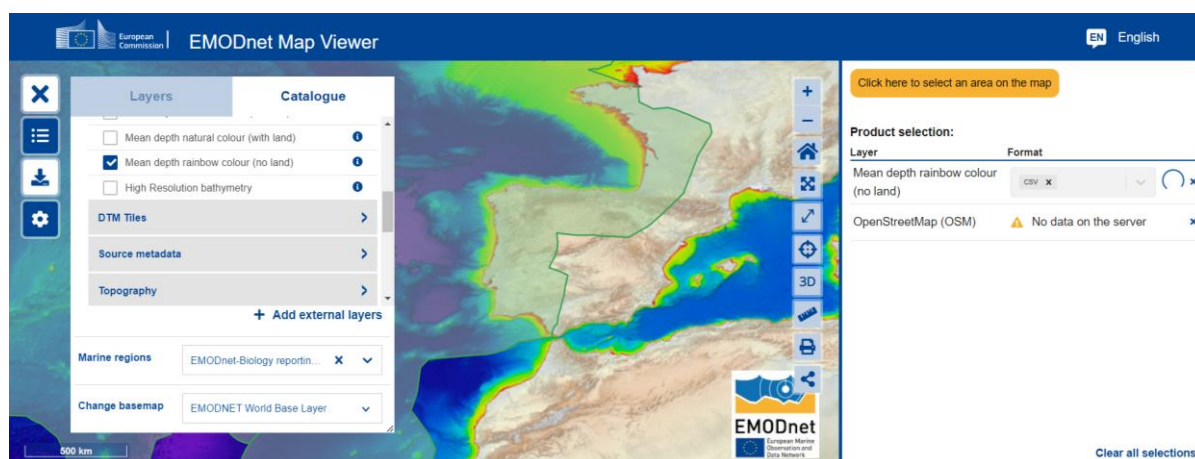


Figura 3-29 Descarga de metadatos desde EMODnet Map Viewer (autoría propia)

Es importante tener en cuenta que la descarga de los datos puede estar sujeta a restricciones adicionales establecidas por el IHM o por otros socios del proyecto EMODnet, especialmente si se trata de información que puede afectar a la seguridad nacional. Por lo tanto, es recomendable leer cuidadosamente las condiciones de reutilización antes de descargar cualquier dato.

Finalmente, cabe destacar que el proyecto EMODnet está en constante evolución y actualización, por lo que es recomendable revisar regularmente el portal para obtener información actualizada y nuevas funcionalidades. Además, el portal también ofrece la posibilidad de enviar comentarios y sugerencias para mejorar la plataforma y los datos disponibles [20].

La plataforma EMODnet se puede definir como uno de los principales recursos empleados para la obtención de metadatos en este proyecto debido a su facilidad de uso y su amplio abanico de temáticas de información.

3.3.2 General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO)

GEBCO, o Carta Batimétrica General de los Océanos, es una iniciativa conjunta de la Organización Hidrográfica Internacional (IHO)⁴ y la UNESCO Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC)⁵, y su objetivo es proporcionar una representación global de alta calidad y precisión del relieve submarino de los océanos y mares del mundo [22].

GEBCO ofrece datos georreferenciados de la topografía submarina en forma de modelos digitales del terreno (DTM) a través de su portal web. Estos datos se derivan de una combinación de mediciones realizadas en el mar y técnicas de modelado, y están disponibles en diferentes resoluciones.

Los datos georreferenciados de GEBCO se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, como la navegación y el trazado de rutas de buques, la exploración de recursos submarinos, la investigación científica y la gestión de la pesca. Este grupo internacional de expertos tiene como objetivo desarrollar conjuntos de datos batimétricos validados de los océanos del mundo y ponerlos a disposición del público.

En la Figura 3-30 a continuación se ofrece la visualización de la plataforma.

⁴ La Organización Hidrográfica Internacional (IHO) es una organización intergubernamental que se encarga de promover la seguridad de la navegación y la protección del medio ambiente marino a través de la cooperación internacional en cuestiones relacionadas con la hidrografía y la cartografía náutica.

⁵ La UNESCO Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) es una organización internacional que promueve la investigación y el intercambio de conocimientos sobre los océanos y la gestión sostenible de los recursos marinos.

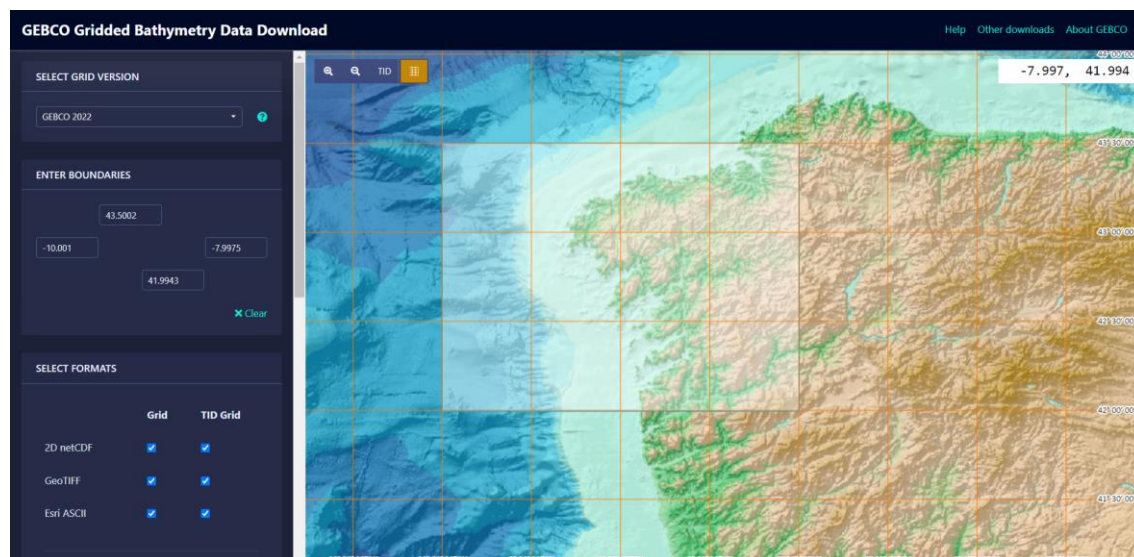


Figura 3-30 Descarga de metadatos desde GEBCO (autoría propia)

Para acceder a los datos, se puede visitar la página web de GEBCO y utilizar la herramienta de búsqueda para seleccionar la zona de interés y el tipo de datos requeridos. Los usuarios también pueden descargar metadatos de los conjuntos de datos seleccionados, lo que proporciona información detallada sobre la fuente de datos, la calidad, el formato y las condiciones de uso.

3.3.3 World Mapping System (WMS)

El servicio web de Mapas (WMS) es ampliamente utilizado en las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) debido a su facilidad de implementación y varias soluciones de software. Este servicio produce mapas dinámicos de datos referenciados espacialmente a partir de información geográfica y se define por el Open Geospatial Consortium (OGC).

El estándar define tres operaciones principales: *GetCapabilities*, *GetMap* y *GetFeatureInfo*. *GetCapabilities* obtiene información sobre el servidor WMS y los mapas disponibles. *GetMap* solicita al servidor WMS un mapa en formato de imagen, mientras que *GetFeatureInfo* permite al cliente obtener información detallada sobre las características geográficas en un mapa. Estas operaciones permiten a los usuarios interactuar con el servidor WMS y solicitar mapas y datos detallados sobre características geográficas.

Además, desde la publicación de la Guía Técnica para la implementación de Servicios de Visualización INSPIRE y el Reglamento acerca de la interoperabilidad de los conjuntos de datos y servicios espaciales, el Ministerio ha transformado sus servicios de visualización WMS a servicios de visualización acordes con INSPIRE, que permiten acceder a la cartografía oficial y cumplir con todos los requisitos de la directiva INSPIRE.

Para descargar datos de la IDE del Ministerio de Agricultura, Alimentación, Pesca, Desarrollo Rural y Ganadería, se puede acceder a los servicios WMS a través de un visor SIG compatible con este tipo de servicios. Es importante tener en cuenta que las URL de los servicios WMS no son hiperenlaces de acceso directo, sino cadenas de texto que se deben pegar en el apartado correspondiente del programa cliente que se utilice. Una vez accedido al visor SIG y seleccionado el área geográfica de interés, se pueden descargar los datos en formato de imagen como PNG, GIF o JPEG, según el estándar definido por el OGC para el servicio WMS. No es necesario seguir las normas ISO mencionadas para la descarga de los datos.

4 RESULTADOS

4.1 Importación de capas

GeoNode (Figura 4-1) es una plataforma de código abierto diseñada para facilitar el acceso, gestión y creación de productos a partir de información geoespacial previa. Este proyecto ofrece una amplia gama de herramientas y recursos para compartir, descargar y crear capas y productos a partir de información georreferenciada. Es importante tener en cuenta que las fuentes deben haber sido previamente cargadas en GeoNode, ya que la plataforma no permite crear información geoespacial desde cero. El objetivo que se persigue consiste en construir productos a partir de información a la que tenemos acceso. Las instrucciones de importación de datos georreferenciados se encuentran en el apartado de desarrollo de Creación de capas.

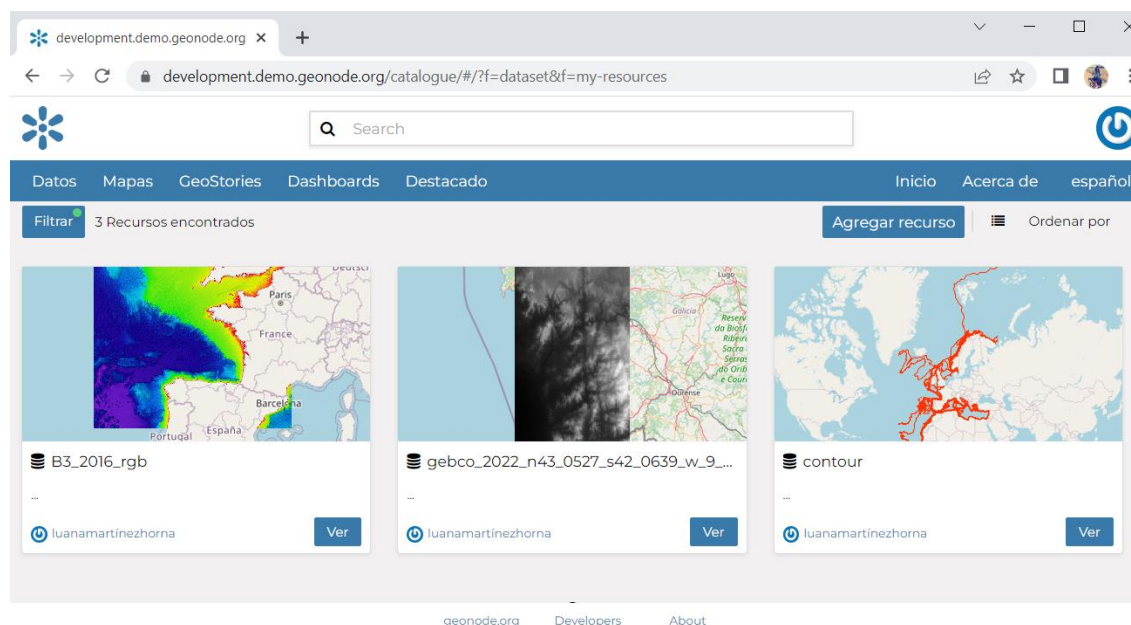


Figura 4-1 Visualización portal GeoNode (autoría propia)

Además, cabe mencionar que, al importar capas, estas no se eliminan, quedando expuestas en la plataforma. Si no se necesitan, la información seguirá en la plataforma; y si se necesita, se podrá acceder a ella incluso aunque se recargue la página en el mismo proceso.

La página principal de GeoNode presenta dos opciones de visualización (Figura 4-2 y Figura 4-3) para los recursos de metadatos, que permiten a los usuarios encontrar y acceder fácilmente a la información que necesitan. Cualquier usuario puede registrarse y ser administrador, lo que le permite

modificar solo su propia información. Sin embargo, los productos ofrecidos en la plataforma solo pueden ser descargados, los usuarios pueden hacer uso de los mismos sin dañar la información del originador.

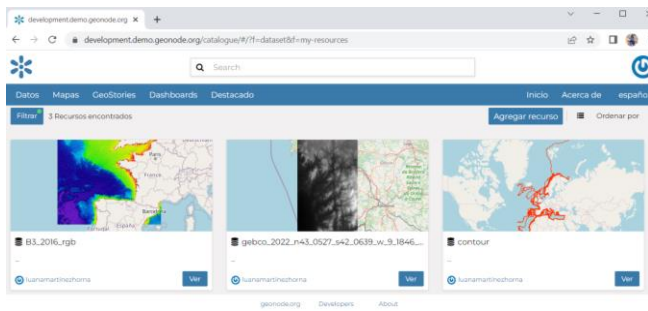


Figura 4-2 Opción 1 de visualización de recursos (autoría propia)

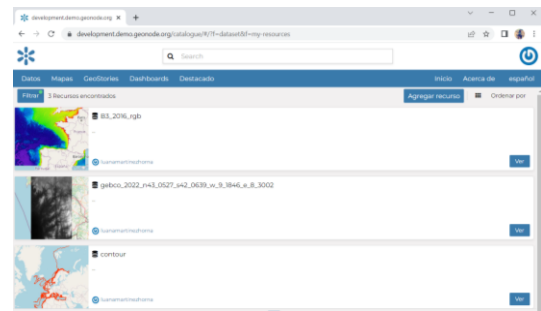


Figura 4-3 Opción 2 de visualización de recursos (autoría propia)

4.2 Creación de mapas

El sistema de creación de capas es una herramienta muy útil para agrupar conjuntos de datos y recursos georreferenciados. Este sistema permite que los usuarios puedan realizar diferentes operaciones con los datos importados, tales como guardar, editar, compartir, borrar, imprimir, filtrar, descargar y medir. Cada una de estas opciones está situada en una línea superior que se muestra de manera clara y accesible (Figura 4-4).

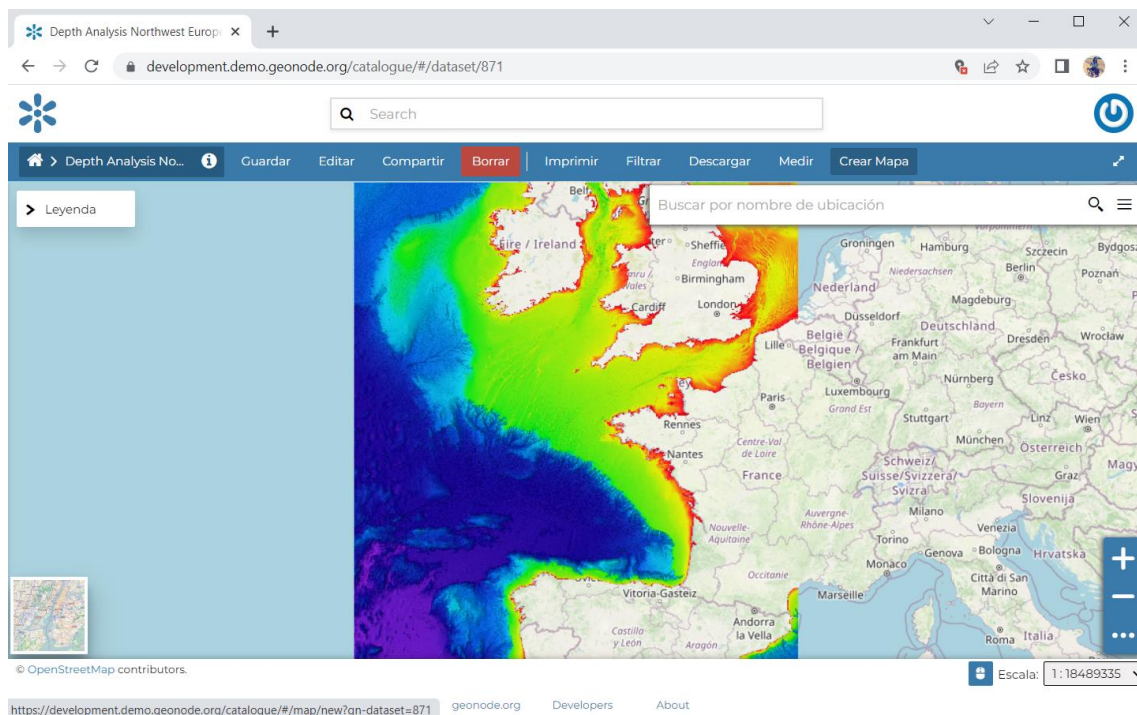


Figura 4-4 Acceso general a creación de mapas (autoría propia)

El primer paso para la creación de mapas es filtrar toda la información disponible accediendo a la opción "Mis Recursos" desde la pestaña superior izquierda del portal (Figura 4-5). Así, solo se podrá acceder a la información que se ha importado desde el usuario propio. La herramienta de filtros es muy útil porque permite categorizar los datos y acceder fácilmente a ellos.

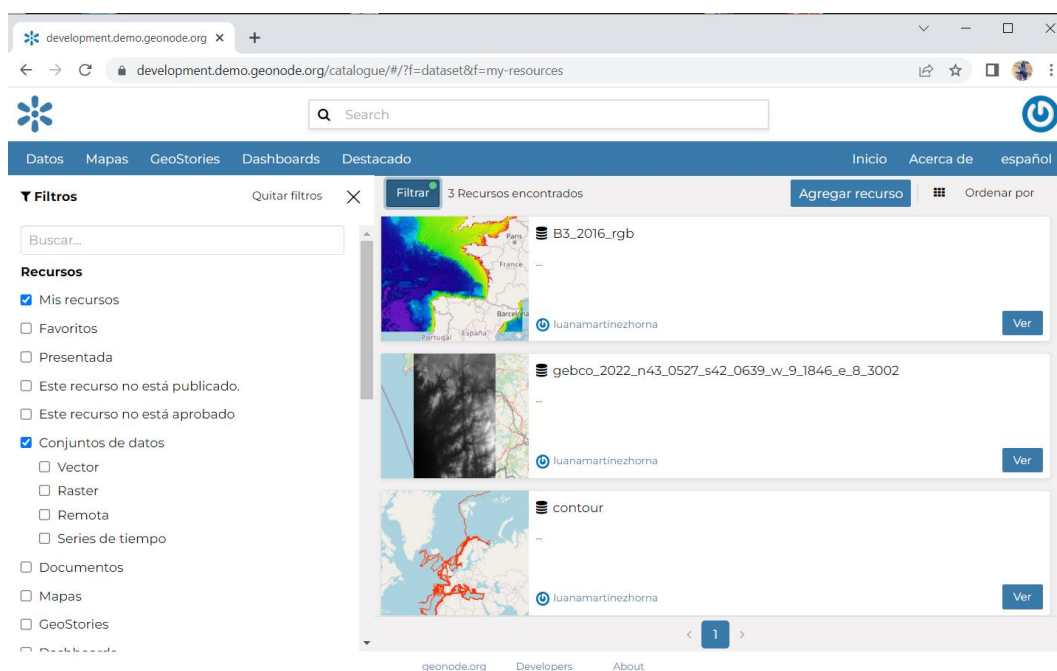


Figura 4-5 Filtrado de recursos desde usuario propio (autoría propia)

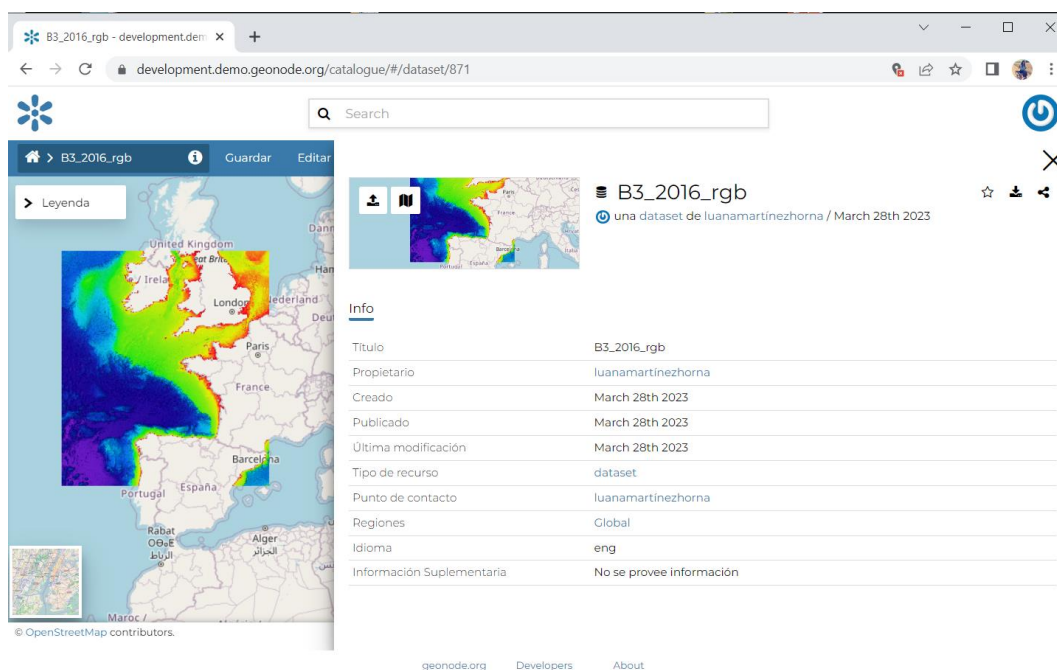


Figura 4-6 Panel informativo de selección de cada recurso (autoría propia)

Al pulsar sobre cada fuente de metadatos, se muestra un visualizador más pequeño a la derecha, un panel informativo de acceso rápido (Figura 4-6). Este panel permite a los usuarios acceder rápidamente a la información relevante y las características básicas de la información que contienen, lo que ahorra tiempo y aumenta la eficiencia en el uso de la plataforma.

A continuación, en la Figura 4-7 se puede apreciar la importación de diferentes conjuntos de datos en un único grupo, que dará lugar, como consecuencia, a la creación del mapa. La Figura 4-8 muestra el resultado del proceso. Además, existe la posibilidad de definir el modo “oculto” y “visible” de cada una de ellas, tal y como se demuestra en la Figura 4-9 y Figura 4-10.

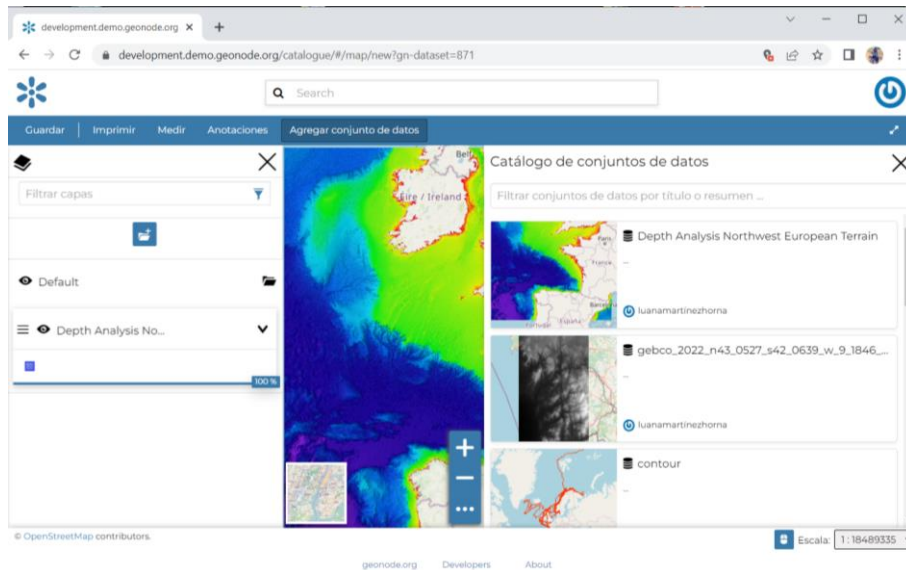


Figura 4-7 Agregar conjunto de datos al mapa (autoría propia)

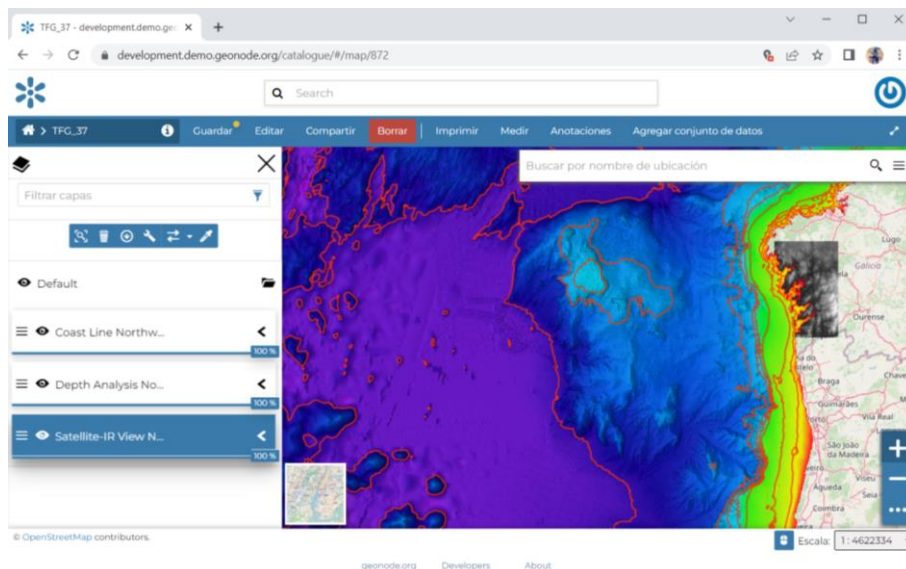


Figura 4-8 Creación de un mapa con tres conjuntos de datos (autoría propia)

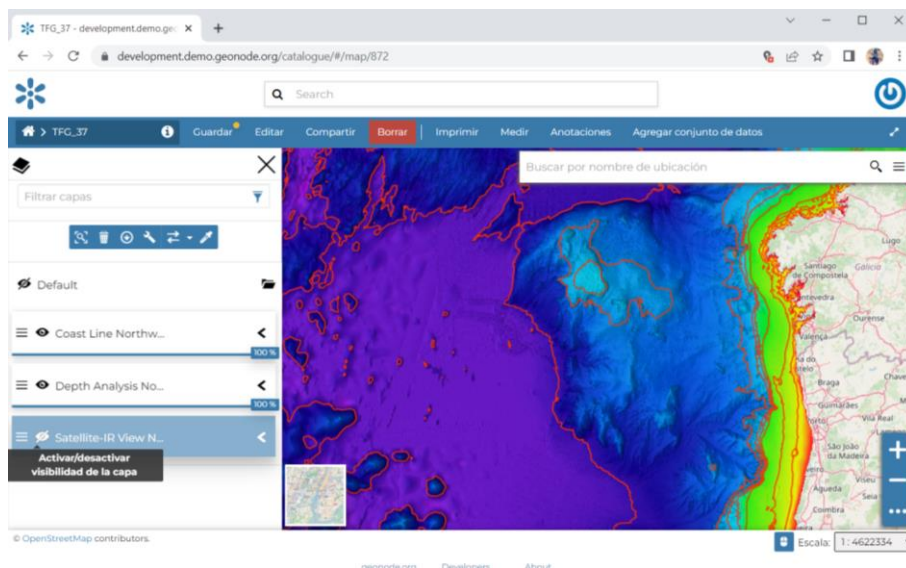


Figura 4-9 Mapa TFG_37 con una de sus capas en modo oculto (autoría propia)

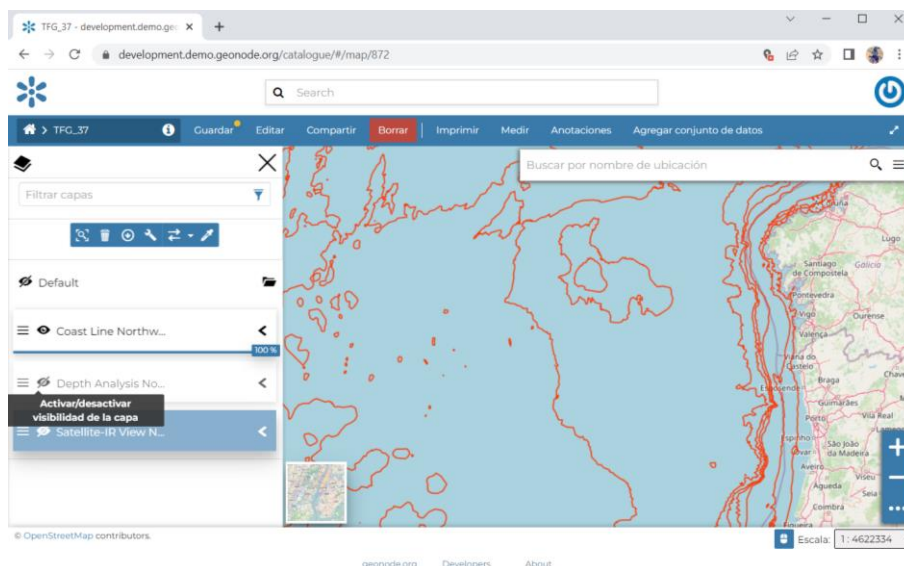


Figura 4-10 Mapa TFG_37 con solo una capa en visualización (autoría propia)

La opción de “Editar” se utiliza para el manejo de mapas y organización de capas, y ofrece tres alternativas. La primera opción es “Editar metadatos”, que permite al usuario modificar la definición básica de cada capa. Esta opción se presenta en el panel rápido descrito en 4.1. La segunda opción que se muestra en la interfaz es “Editar Style”, que permite al usuario cambiar el estilo de la información georreferenciada en cuanto a colores, estructura, etc. Por último, la tercera opción se define como “Editar información avanzada”, y muestra valores más específicos de la información que pueden ser modificados. Estas opciones se reflejan en la Figura 4-11, Figura 4-12 y Figura 4-13 mostradas a continuación:

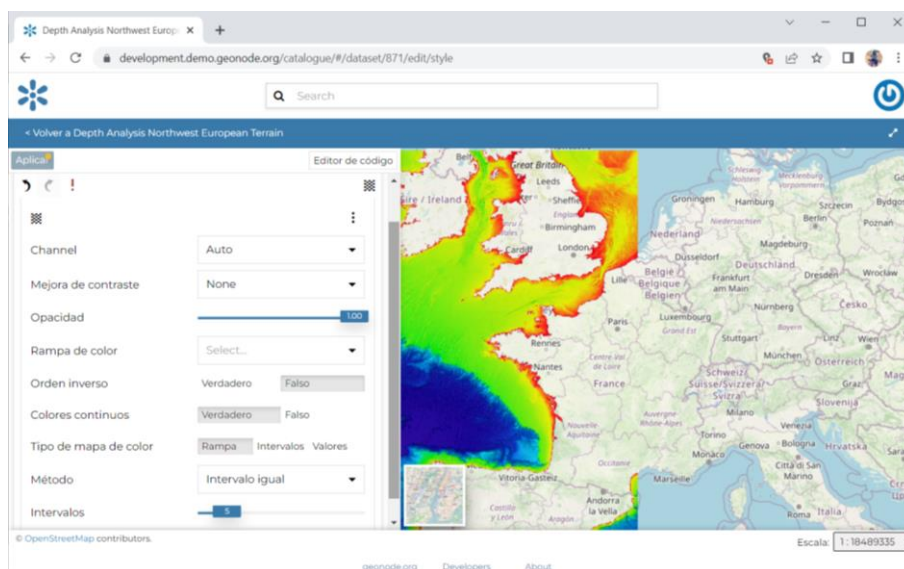


Figura 4-11 Opciones de edición de estilo de capas (autoría propia)

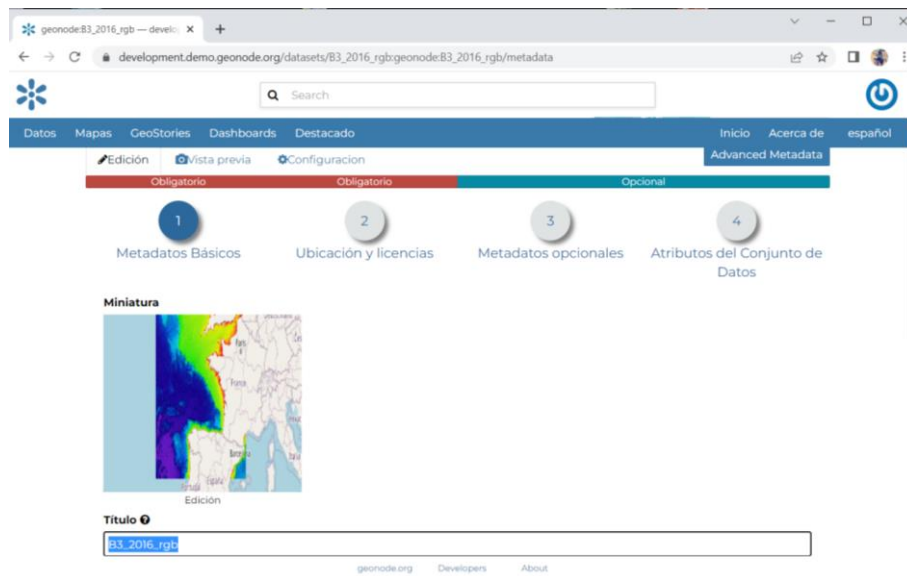


Figura 4-12 Opciones de edición de información avanzada (autoría propia)

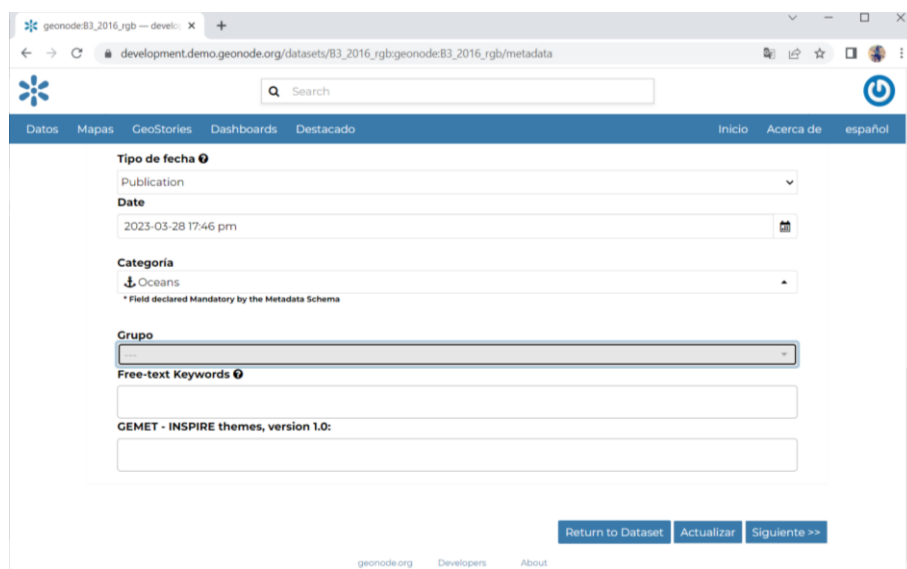


Figura 4-13 Opciones de edición de información avanzada (autoría propia)

Cabe destacar que la pestaña de "Compartir" es la que regula los permisos y licencias de acceso. Este sistema de permisos y licencias es fundamental para garantizar la privacidad y seguridad de la información georreferenciada que se encuentra en la plataforma. Los usuarios pueden ajustar las opciones de compartir para decidir quién tiene acceso a los datos y bajo qué condiciones.

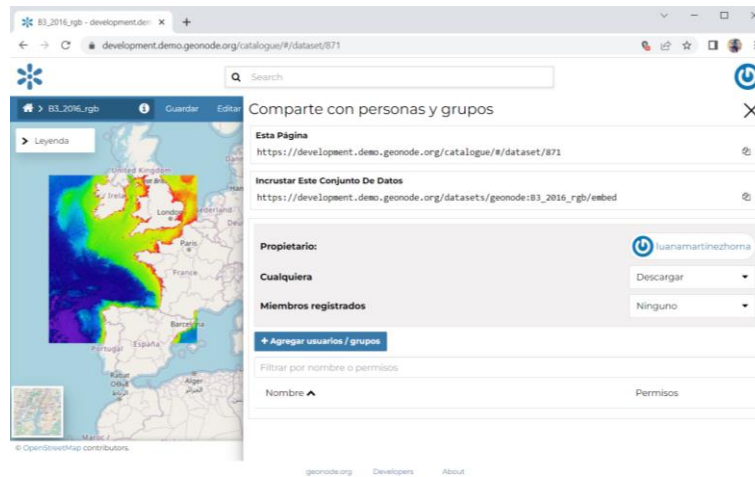


Figura 4-14 Permisos y licencias del mapa TFG_37 (autoría propia)

También hay la posibilidad de utilizar otras herramientas en la capa importada como “Vista de lupa” o “Medir”. Sus utilidades aparecen en Figura 4-15 y Figura 4-16 respectivamente.

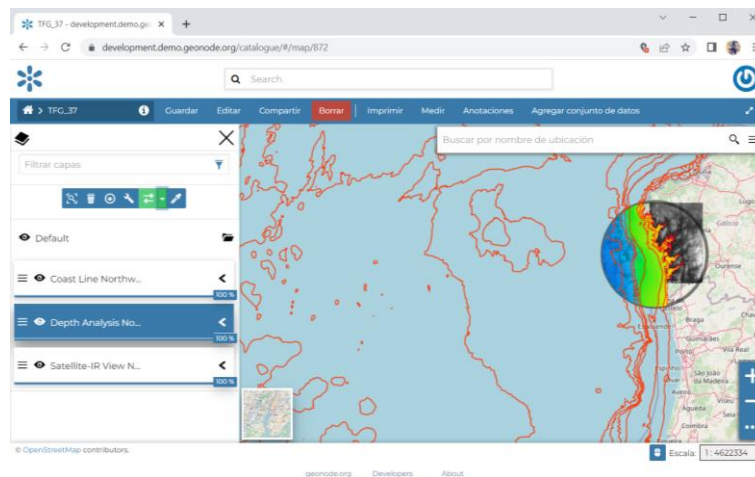


Figura 4-15 Herramienta "Lupa" (autoría propia)

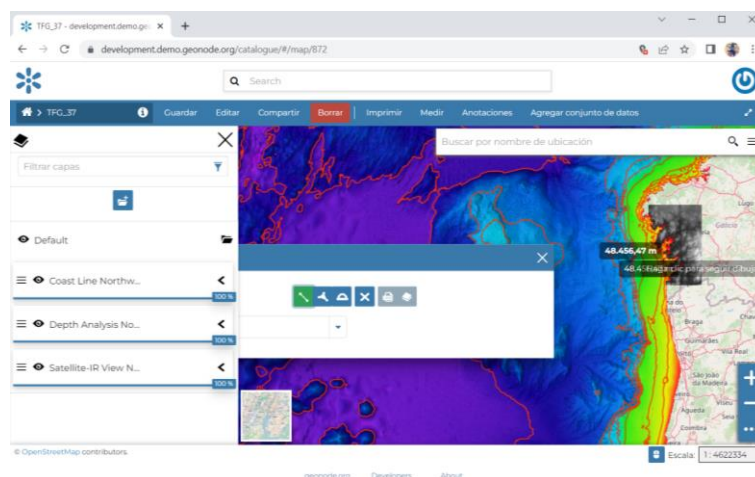


Figura 4-16 Herramienta "Medir" (autoría propia)

En conclusión, el sistema de creación de capas es una herramienta muy útil que permite a los usuarios agrupar conjuntos de datos georreferenciados y realizar diferentes operaciones con ellos. Además, el sistema de edición ofrece múltiples opciones para modificar la información, y la pestaña de

compartir permite ajustar los permisos y licencias de acceso para garantizar la privacidad y seguridad de la información georreferenciada.

4.3 QGIS y su integración con GeoNode

Otra de las posibilidades que ofrece el sistema de gestión de contenidos GeoNode es que permite la conexión directa con el Sistema de Información Geográfica de cliente pesado Quantum GIS, en adelante QGIS, accesible mediante la dirección web (<https://qgis.org/es/site/>). Este software de código abierto, además, dispone de numerosos complementos que facilitan la edición, análisis, visualización y composición de mapas, siendo además compatible con los estándares WMS y WFC.

El primer paso consiste en instalar el complemento de GeoNode que está disponible en el repositorio de “plugins” de QGIS y se puede encontrar en la pestaña “Complementos” seguido de “Administrar e instalar complementos”. Este plugin añade a los clientes de GeoNode la funcionalidad con QGIS para buscar, cargar y gestionar los recursos de GeoNode desde dentro de QGIS. La Figura 4-17 muestra una imagen con el complemento QGIS GeoNode instalado. Posteriormente sería necesario reiniciar QGIS tras la instalación del plugin, puesto que no permite que los complementos de Python recarguen los proveedores de datos dinámicamente.

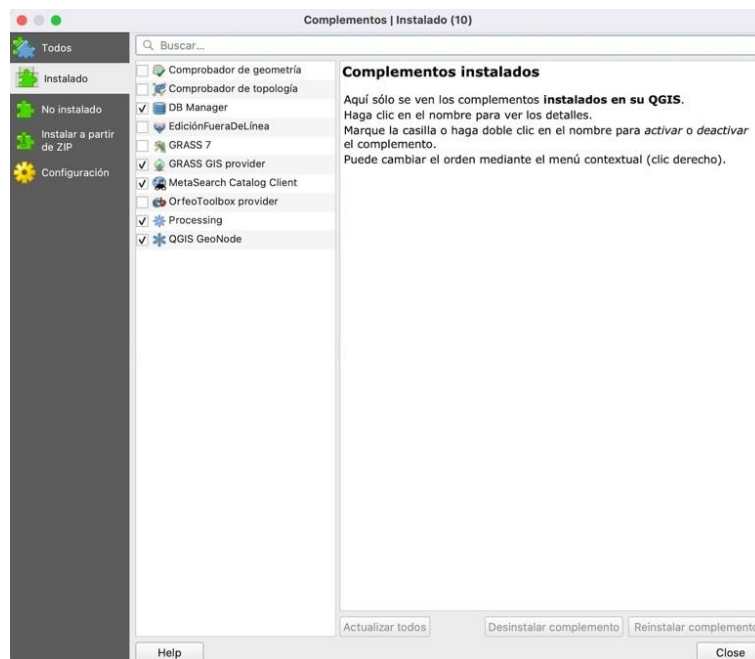


Figura 4-17 Complementos de integración QGIS-GeoNode instalados (autoría propia)

Para realizar la conexión con GeoNode, es necesario ir al menú “Capa” seguido de “Administrador de fuentes de datos”, donde se ubicará al final una pestaña con el icono de GeoNode. Esto es así porque se reconoce a GeoNode como un proveedor de datos dentro de QGIS. Por último, es preciso configurar la URL en donde está nuestro GeoNode tal y como aparece en la Figura 4-18 Configuración de conexión a GeoNode (autoría propia).

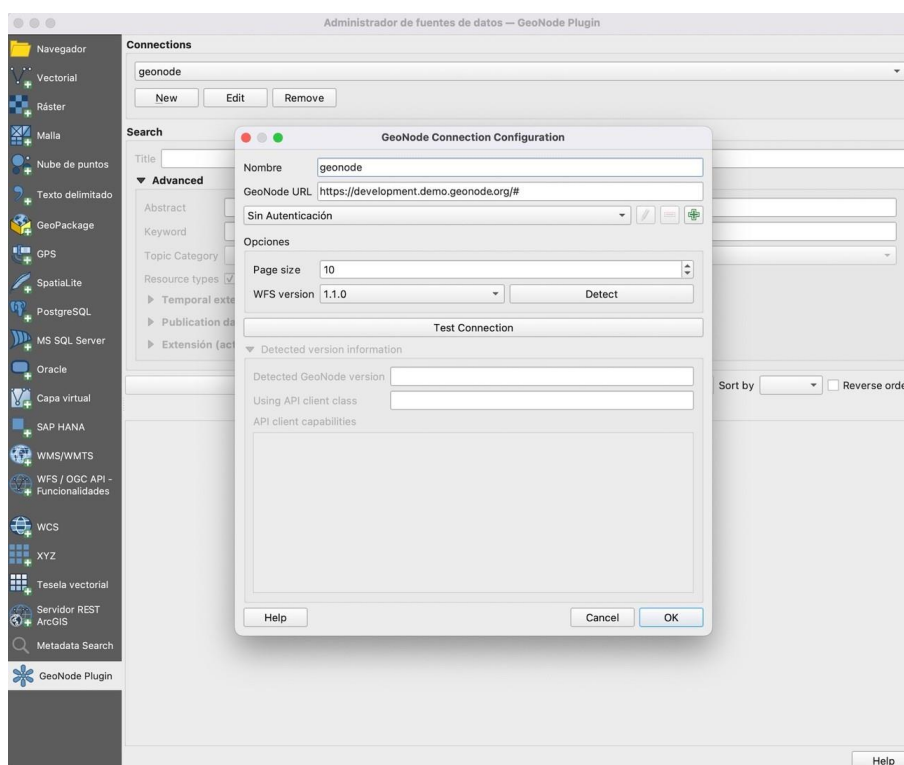


Figura 4-18 Configuración de conexión a GeoNode (autoría propia)

Para comprobar la operatividad de este plugin, se han empleado los datos batimétricos generados en el Trabajo de Fin de Grado titulado “*Caracterización batimétrica en aguas someras mediante fotogrametría subacuática*”, realizado por el actual teniente de IM Manuel González Baiges durante el curso 2021-2022. En esta ocasión, se pretende utilizar QGIS como herramienta que sirva de puente para la importación en GeoNode de: (1) Nube de puntos⁶ y (2) DEM⁷, ambas generadas en el software Agisoft Metashape Pro mediante la utilización de la técnica de la fotogrametría subacuática. La zona de estudio seleccionada (Figura 4-19) pretende simular un estudio que la Infantería tendría que realizar en cualquier zona litoral previo a un desembarco, y a partir de las diferencias de cotas (isóbatas) generar la batimetría específica en dicha zona de aguas someras. Las dimensiones de la zona de estudio son de 190 x 260 m de manera que queda limitada en un cuadrante como se puede apreciar en la Figura 4-20.



Figura 4-19 Zona de Pruebas II zona industrial [21]



Figura 4-20 Localización y dimensionamiento de Zona de Pruebas II [21]

Como la nube de puntos generada ya tenía coordenadas globales, gracias a la incorporación de un sistema GPS, la importación en GeoNode se realiza de manera inmediata.

El proceso es el que sigue a continuación. Se exporta la nube de puntos desde el software Agisoft Metashape Pro (Figura 4-23) e importa en QGIS, a través del “*Administrador de fuentes de Datos*” y la

⁶ Conjunto de puntos tridimensionales que representan la superficie de un objeto o terreno escaneado con un láser o una cámara.

⁷ Modelo Digital de Elevación: representa la elevación de la superficie terrestre en un área determinada a través de datos altimétricos, permitiendo crear representaciones en 3D y realizar análisis topográficos.

pestaña “*Nube de puntos*” (Figura 4-24). Cuando la capa está cargada en el menú de *Capas*, se selecciona y con el botón derecho en “*Propiedades*”, se busca el icono de “*Geonode*” seguido de “*Upload layer to GeoNode*”.

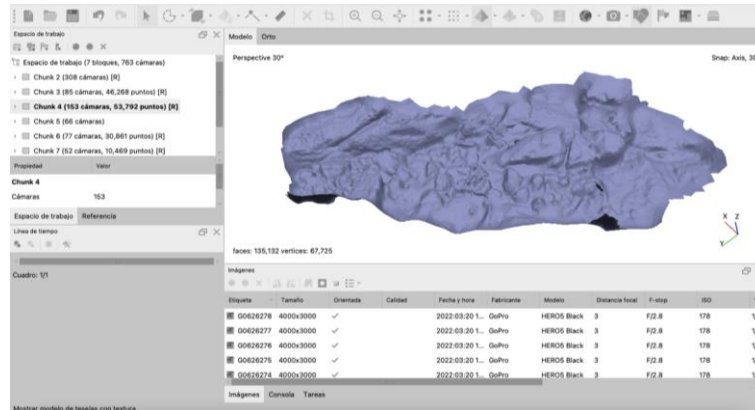


Figura 4-21 Estudio batimétrico: Modelo Slido [21]

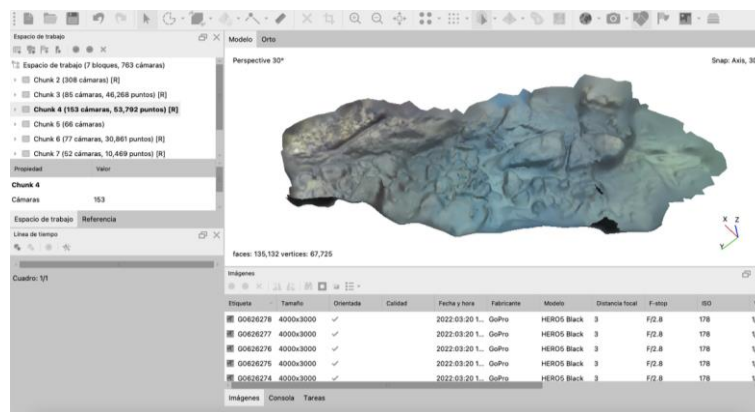


Figura 4-22 Estudio batimétrico: Modelo Texturizado [21]

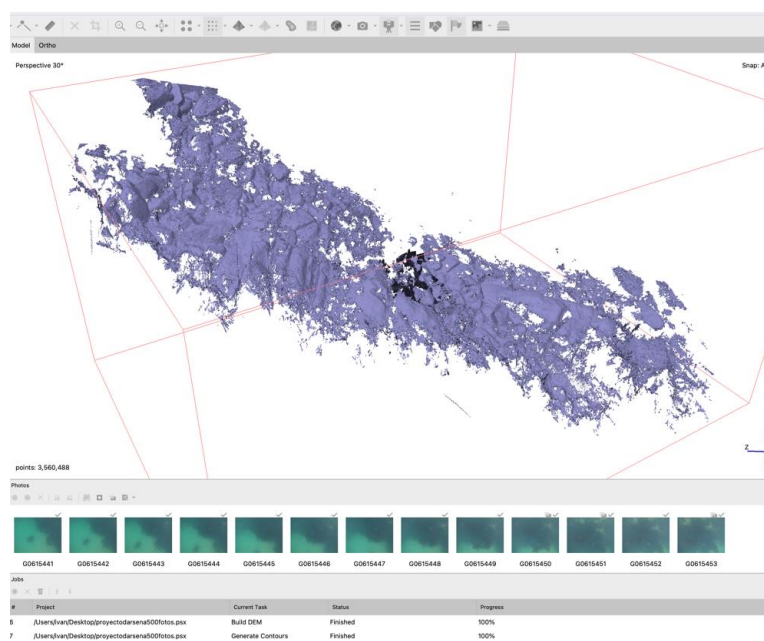


Figura 4-23 Nube de puntos resultante del estudio batimétrico [21]

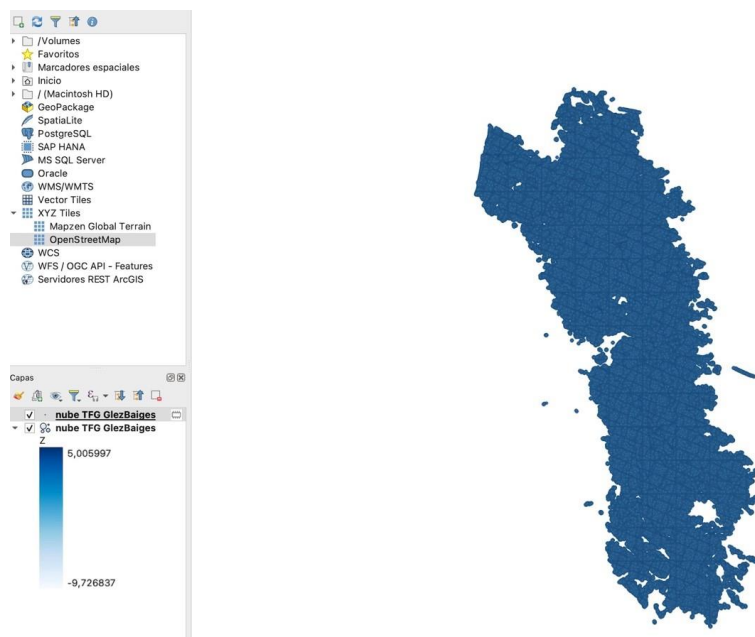


Figura 4-24 Producto resultante sobre QGIS [21]

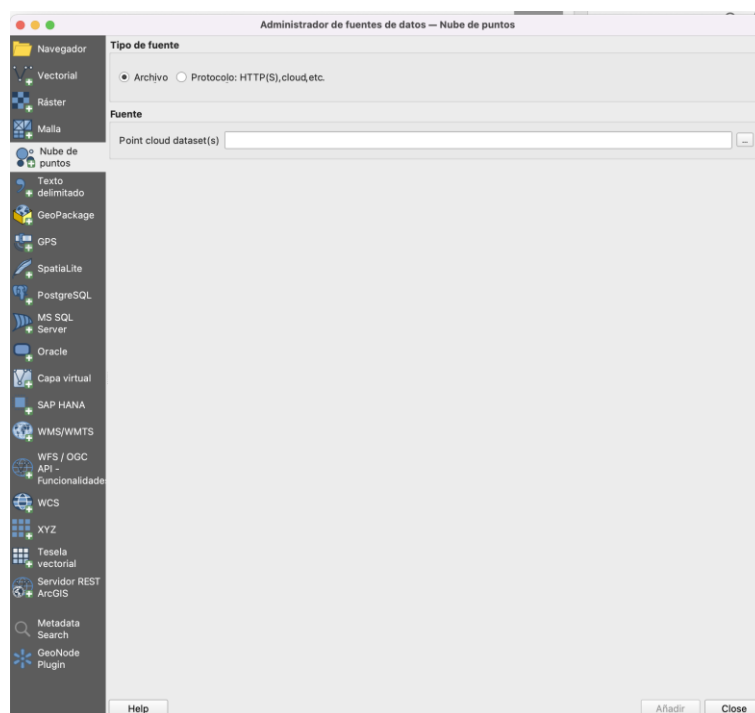


Figura 4-25 Administrador de fuentes de datos - Nube de puntos (autoría propia)

El mismo proceso se puede realizar directamente exportando un archivo *.geotiff* (Figura 4-26) desde el propio Agisoft Metashape Pro, seleccionando el DEM (o Modelo Digital de Elevación), se pide un nombre para guardar el archivo que se va a generar (Figura 4-27) y posteriormente se definen las características de la exportación (Figura 4-28), como la definición del sistema de coordenadas (asignado por defecto en este caso al trabajar con coordenadas globales del GPS), tamaño del píxel, número total de píxeles y en los metadatos se puede incluir la definición de la imagen. Finalmente, se obtendrá el producto según aparece en la Figura 4-29.

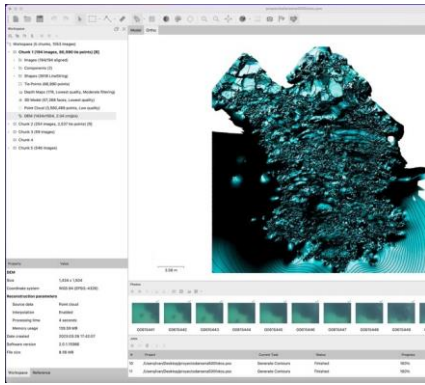


Figura 4-26 Exportación de archivo .geotiff (autoría propia)



Figura 4-27 Vista en detalle de la selección de archivo tipo TIFF/GeoTIFF (autoría propia)

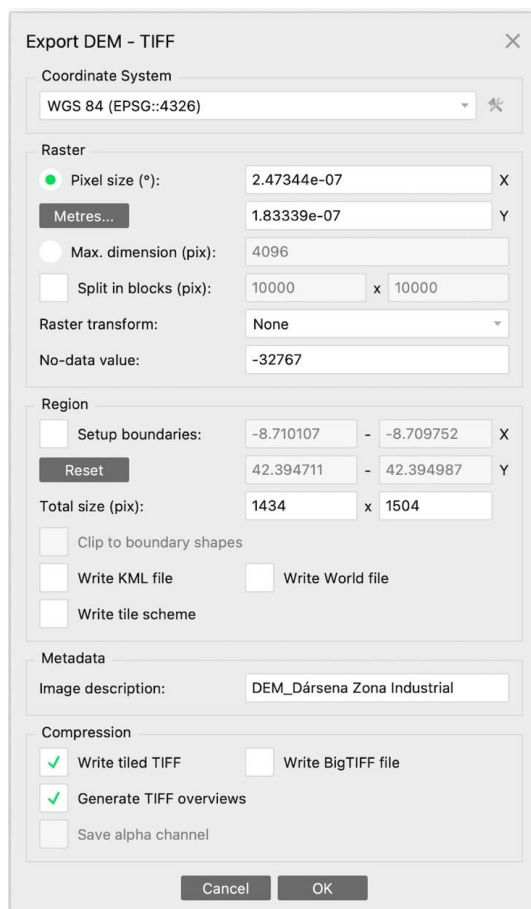


Figura 4-28 Configuración de las características de archivo de tipo GeoTIFF (autoría propia)

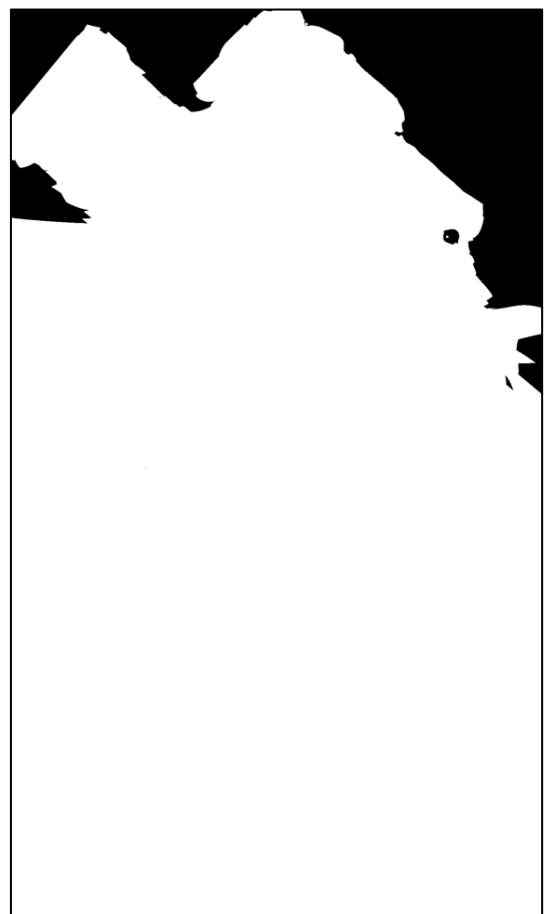


Figura 4-29 Producto final resultante de importar un archivo GeoTIFF (autoría propia)

A continuación, se expone una vista en GeoNode del MDT (Figura 4-30) generado en el proyecto “*Caracterización batimétrica en aguas someras mediante fotogrametría subacuática*” realizado durante el curso 2021-2022 en la plataforma de GeoNode, demostrando así la importación de datos cuya fuente origen es muy diferente de los expuestos en el apartado previo: Creación de mapas.

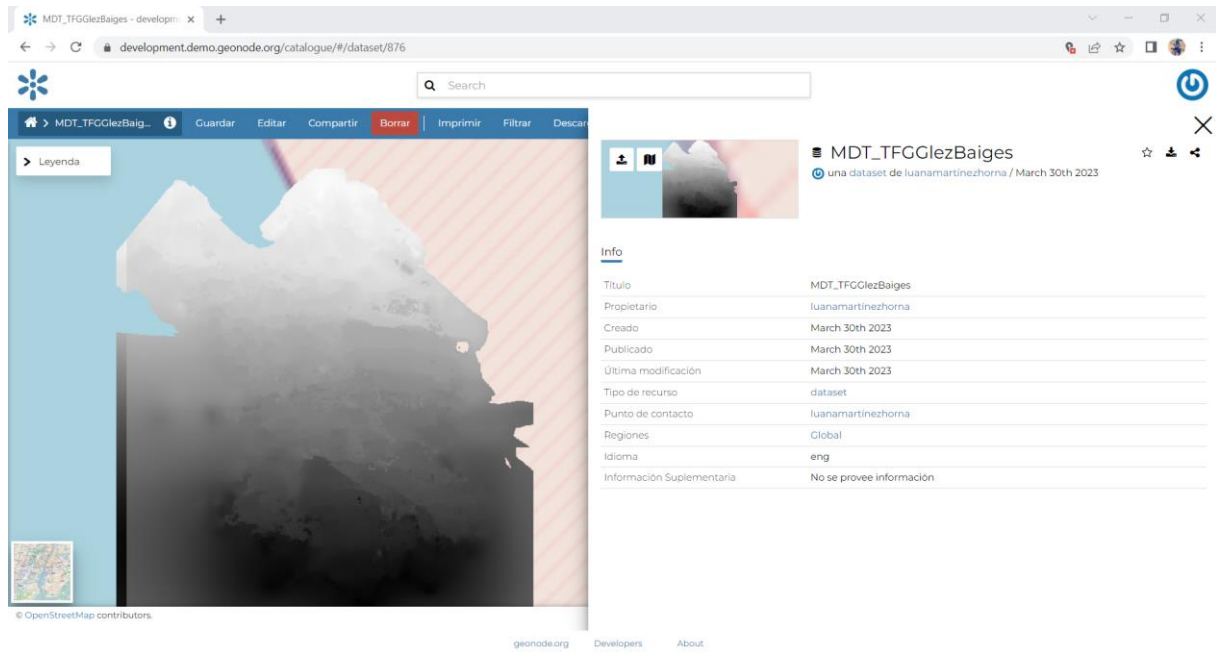


Figura 4-30 Vista MDT en GeoNode generado en el TFG [21] (autoría propia)

4.4 Servicios remotos en GeoNode

En GeoNode también existe la posibilidad de añadir capas que no se encuentran en el disco duro, sino que están disponibles en servicios remotos. De hecho, hay multitud de entidades que proporcionan este tipo de servicios y que abarcan una enorme cantidad de aspectos que tienen relación con el territorio. A modo de ejemplo, se utiliza la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE) para añadir un servicio WMS a GeoNode.

Se utiliza el Catálogo de Datos y Servicios de la IDEE para demostrar la utilidad de esta herramienta. Allí se selecciona la etiqueta de Rasgos geográficos oceanográficos y se busca un servicio WMS de interés (Figura 4-31 y Figura 4-32).



Figura 4-31 Interfaz de la Infraestructura de Datos y Servicios de España [22]



Figura 4-32 Catálogo de la IDEE [22]

En este caso, se elige un servicio aleatorio que sirva de ejemplo, tal como el servicio WMS correspondiente a la imagen de satélite NOAA AVHRR media anual de SST⁸ correspondiente al año 2021 (Figura 4-33).

REDIAM. WMS Serie de imágenes de satélite NOAA-AVHRR. SST (Sea Surface Temperature) media anual filtrada: Año 2021. 1100 m. Océano Atlántico y Mar de Alborán

Servicio WMS correspondiente a la imagen de satélite NOAA AVHRR media anual de SST (Sea Surface Temperature) correspondiente al Año 2021. Resolución espacial 1100 m. Ámbito Océano Atlántico y Mar de Alborán. En ETRS89 UTM huso 30. Con el propósito de obtener una imagen anual de temperatura superficial del mar (°C), uno de los parámetros geofísicos más importantes a la hora de representar los principales cambios que pueden ocurrir en el medio marino. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Junta de Andalucía. Nodo de la Red de Información Ambiental de Andalucía. Junta de Andalucía. Integrado en la Infraestructura de Datos Espaciales de Andalucía, siguiendo las directrices del Sistema Cartográfico de Andalucía.

Terminado

Descargas y enlaces

https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_noaa_avhrr_sst_anual_filtrada_2021?
https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_noaa_avhrr_sst_anual_filtrada_2021?

Este conjunto de datos está publicado en el servidor (WMS) disponible en https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_noaa_avhrr_sst_anual_filtrada_2021?.

Actualizado:
hace 5 meses

Compartir en redes sociales

Descargar metadato

Figura 4-33 Imagen satélite NOAA AVHRR (autoría propia)

Para la inclusión del servicio WMS en GeoNode se siguen los siguientes pasos descritos a continuación. En primer lugar, se selecciona la pestaña “*Servicios Remotos*” desde la pestaña “*Agregar recurso*” tal y como se muestra en la Figura 4-34 y Figura 4-35.

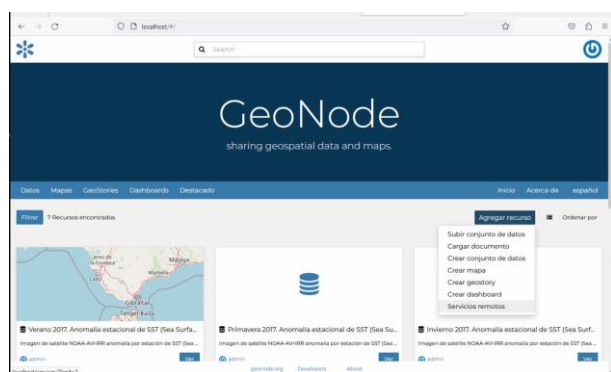


Figura 4-34 Paso 1: Servicios Remotos (autoría propia)

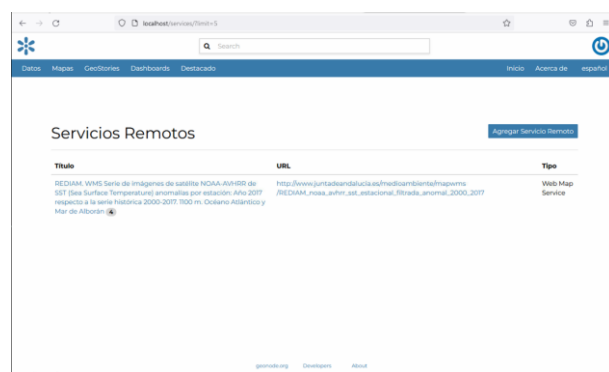


Figura 4-35 Resultado 1: Servicios Remotos (autoría propia)

A continuación, se pulsa sobre la pestaña “*Registrar Nuevo servicio*” y se copia/pega ahí la URL del servidor donde se aloja el conjunto de datos. Esto se puede ver en la Figura 4-36.

⁸ Sea Surface Temperature

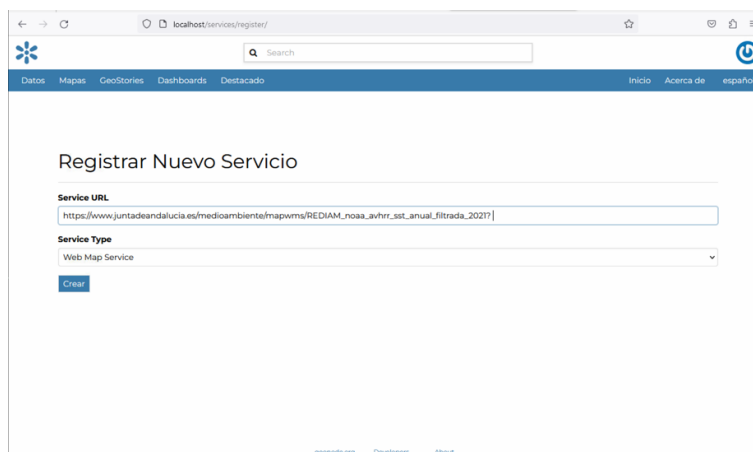


Figura 4-36 Registro de nuevo servicio (autoría propia)

Por último, se selecciona el tipo de servicio, en este caso *Web Map Service*, y se selecciona la pestaña “*Crear*” para conseguir importar el mapa en la interfaz del GeoNode. El resultado obtenido será semejante al que muestra la Figura 4-37.

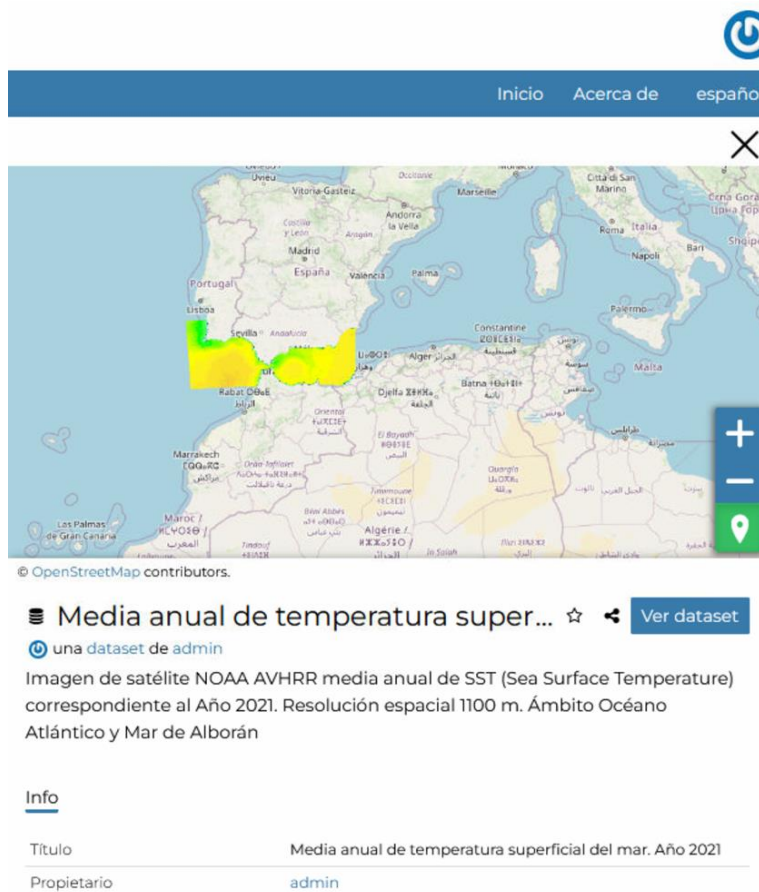


Figura 4-37 Resultado de GeoNode utilizando servicios remotos (autoría propia)

Aparte del servicio WMS, que queda demostrado con esta breve explicación, GeoNode soportará otros dos tipos de servicios remotos: el *GeoNode Web Map Service* y el *ArcGIS REST MapServer*, que serán objeto de estudio en futuros trabajos.

4.5 Publicación

Los mapas representan una forma más completa y precisa de información, ya que están compuestos por un conjunto de capas que se superponen y se manipulan. La publicación de estos conjuntos de datos en la interfaz de la plataforma permite que la información sea accesible a toda la comunidad de usuarios.

Para publicar la información desarrollada en la plataforma, basta con seleccionar la opción "*Guardar como*" en la pestaña superior izquierda y guardar el proyecto. De esta manera, el mapa georreferenciado se distribuye y está disponible para su uso. Esto constituye un gran paso hacia la creación de una plataforma de metadatos interoperable y eficiente que sea útil en el planeamiento anfibio.

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones

Se puede afirmar que se ha alcanzado con éxito el objetivo final fijado: el desarrollo de una IDE a partir de la plataforma GeoNode. La creación de esta interfaz de operación y publicación de datos geoespaciales representa un logro significativo.

A pesar de ello, cabe mencionar que los resultados obtenidos no han sido tan completos como se previó durante la organización del proyecto. Debido a las complicaciones frecuentes e ininterrumpidas a lo largo del proceso de instalación de la plataforma GeoNode, el tiempo dedicado al resto del trabajo fue más reducido que lo que estaba planteado en la planificación inicial. No obstante, el producto obtenido ofrece una interfaz de usuario funcional, capaz de importar capas, utilizar diversas herramientas para convertirlos en mapas y publicar los resultados finales a otros usuarios. Es decir, la plataforma permite la transformación de datos geográficos a información geográfica útil para su uso dentro de un proceso de planeamiento militar, cumpliendo la finalidad y propósito establecidos inicialmente.

Sería lógico deducir que la amplitud de este proyecto ha sido demasiado ambiciosa. Aunque la plataforma GeoNode se presenta como una tecnología sencilla y fácil de usar, su instalación requiere conocimientos técnicos específicos, además de herramientas y programas adicionales avanzados. Es imprescindible un buen conocimiento del lenguaje de programación y un manejo fluido del sistema operativo – requisitos que no se mencionan en las guías e instrucciones de instalación de la interfaz.

Otro aspecto a destacar es que los servidores web de Internet deben ser potentes. En numerosas ocasiones, el programa se colgaba – tal y como se demuestra en la Figura 5-1–, o el localhost requería de tiempos infinitos para visualizarse en pantalla – como expone la Figura 5-2.



Figura 5-1 Errores de funcionamiento de la interfaz en localhost (autoría propia)

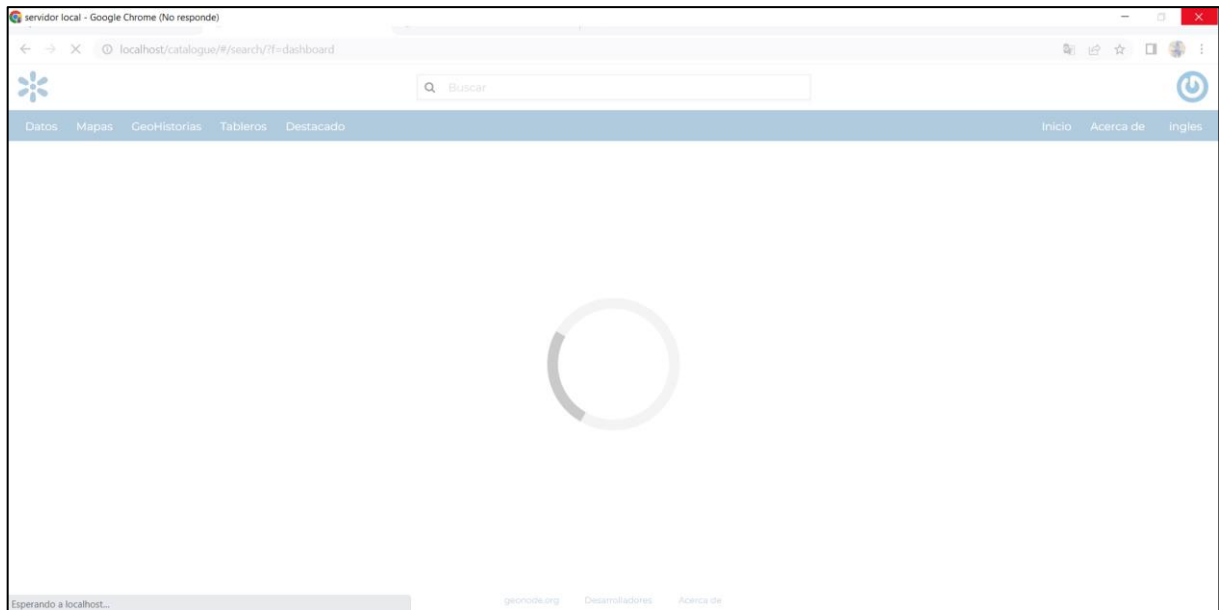


Figura 5-2 Tiempo de visualización de interfaz prolongado (autoría propia)

En conclusión, aunque los beneficios que ofrece GeoNode son numerosos, hubiera sido más fácil trabajar desde la versión online para desarrollar realmente las herramientas de trabajo de metadatos en profundidad. GeoNode requiere un alto nivel de conocimientos técnicos especializados y una potente infraestructura para obtener los mejores resultados posibles siendo ambos factores difícilmente posibles de lograr en un período de tiempo tan corto.

Como lecciones aprendidas sí se ha ensalzado la eficiencia y rapidez que otorga GeoNode en el análisis completo del terreno. Sin embargo, referido a su integración en operaciones, es necesario descargar y almacenar los datos geográficos previamente. La interoperabilidad y utilidad de estas herramientas tiene especial relevancia ya que permite el tratamiento y difusión de datos a nivel público.

Para finalizar, es importante recordar que nunca deben abandonarse los métodos tradicionales de estudio del terreno. Se puede concluir que el proyecto ha sido una experiencia enriquecedora que nos ha permitido aprender sobre el uso de herramientas de tratamiento de datos geoespaciales y la adecuada gestión de datos geográficos en operaciones.

5.2 Líneas futuras

Tras demostrar la utilidad del empleo de la herramienta de GeoNode como Infraestructura de Datos Espaciales para el análisis de la batimetría, se puede predecir que se trata de una tecnología en expansión. Su aplicación en el mundo actual se está introduciendo no solo en el ámbito de la navegación, sino también en el de la industria, la milicia, etc. A largo plazo, existen numerosas aplicaciones con potencial en la inclusión y desarrollo de sus herramientas. Se pueden plantear las siguientes líneas de futuro:

5.2.1 Inclusión en los procesos de planeamiento militares

Una de las predicciones más significativas de esta tecnología es que seguirá desarrollándose de forma exponencial en su empleo con fines militares. Esto probablemente supondría la adquisición de una formación práctica en esta tecnología, para adquirir las habilidades necesarias que permitan a los líderes estratégicos analizar e interpretar datos geoespaciales. Para ello, sería beneficioso normalizar un proceso de planeamiento estandarizado, que ordene las aplicaciones de GeoNode dentro de sus fases. Con la designación de las utilidades ofrecidas que son realmente aplicables a este proceso, se podrá gestionar la regulación de esta formación previa.

También se podría utilizar las herramientas de GeoNode para identificar los tránsitos de navegación óptimos y playas de navegación adecuadas para la conducción de operaciones militares. Además de analizar los datos batimétricos y crear mapas detallados del fondo oceánico habría que implementar una base de procesamiento que filtraría una selección de los datos que cumplieran los requisitos determinados.

5.2.2 Apoyo en la respuesta a catástrofes

Las futuras líneas de actuación en relación a desastres naturales se basan en el desarrollo de herramientas y recursos que apoyen una respuesta rápida y eficaz. Esto se traduciría en una integración de datos e imágenes satélite con los equipos de respuesta a emergencias. De esta forma, se proporcionaría información actualizada sobre el alcance y la gravedad de la catástrofe, así como el acceso a los registros históricos de los lugares más propicios a sufrir este tipo de accidentes. A partir de este análisis, GeoNode permitiría una previsión de los sucesos, y en caso de no poder evitarlos, facilitaría los datos y mapas pertinentes – procesados y analizados – para su inclusión en la toma de decisiones.

5.2.3 Cartografía evolutiva

Respecto al seguimiento de los cambios del fondo marino, la corriente actual parece mantener su tendencia de perfeccionamiento de tecnologías cartográficas. GeoNode sería de mucha utilidad para gestionar y compartir los mapas con la comunidad científica y el resto de interesados. Se podría plantear incluso que apoyara el seguimiento de los cambios en el fondo marino a lo largo del tiempo mediante diferentes conjuntos de datos y el análisis de patrones.

Cabe mencionar, además, que la colaboración con las comunidades científicas y los gestores de recursos sería de vital importancia para identificar áreas de alto valor de conservación y priorizar los esfuerzos para preservarlos.

5.2.4 Integración con otras tecnologías

A largo plazo, para aprovechar plenamente el potencial de las herramientas GeoNode, podría ser necesario integrarlas con otras tecnologías. Se podría vincular a la impresión 3D e incluso incorporar a herramientas de realidad aumentada. Gracias a ellas, obtendríamos medios de creación de modelos físicos de paisajes marinos – o submarinos – además de la posibilidad de generar experiencias de planificación y toma de decisiones más intuitivas para el personal militar. Consecuentemente, mediante la superposición de datos espaciales en entornos reales, se podría ayudar a los usuarios a comprender y visualizar mejor los escenarios complejos. Este hecho implicaría una conducción más eficaz de las operaciones.

Como conclusión final, la demostración de las herramientas de GeoNode y la creación de una base de datos batimétricos básica representan un importante paso adelante en nuestra capacidad para comprender y utilizar los recursos del océano. La posibilidad de compartir recursos y resultados resalta la idoneidad en su aplicación al mundo actual. A medida que la tecnología siga desarrollándose y se descubran nuevas aplicaciones, es probable que veamos avances aún más significativos en este campo.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. d. Defensa, «Portal de la Armada,» [En línea]. Available: <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/iniciohome/prefLang-es/>. [Último acceso: 24 Marzo 2023].
- [2] E. consultores, «Sistemas de Información geográfica,» [En línea]. Available: <https://ebhconsultores.com.mx/sistemas-de-informacion-geografica/>. [Último acceso: 07 Febrero 2023].
- [3] A. Rodríguez Pascual, P. Abad Power, J. Alonso Jiménez, A. Sánchez Maganto y J. y. V.-B. L. Ayuso González, «Las IDE como evolución natural de los SIG,» Universidad Politécnica de Madrid, 20 Abril 2016. [En línea]. Available: https://oa.upm.es/7361/1/Las_IDE_.pdf. Subsubapartado. [Último acceso: 07 Febrero 2023].
- [4] I. d. D. E. d. Tucumán, «IDET: primeros pasos,» IDHERA, [En línea]. Available: <http://idet.tucuman.gob.ar/ide-primeros-pasos/ide-primeros-pasos-indice>. [Último acceso: 07 Febrero 2023].
- [5] J. M. d. Antónana, «Pasado, presente y futuro de las Infraestructuras de Datos Espaciales,» Valencia, 2013.
- [6] «Global Spatial Data Infrastructure Association,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.gsdi.org>. [Último acceso: 07 Febrero 2023].
- [7] m. y. a. u. Ministerio de transportes, «Infraestructura de Datos Espaciales de España,» [En línea]. Available: <https://www.idee.es/>. [Último acceso: 2023 Febrero 07].
- [8] E. d. datos.gob.es., «La Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE), un referente de la información geoespacial,» [En línea]. Available: <https://datos.gob.es/es/blog/la-infraestructura-de-datos-espaciales-de-espana-idee-un-referente-de-la-informacion>. [Último acceso: 07 Febrero 2023].
- [9] m. y. a. u. Ministerio de transportes, «Cartografía: Infraestructura de Datos Espaciales,» [En línea]. Available: <https://www.mitma.gob.es/instituto-geografico-nacional/infraestructura-de-datos-espaciales>. [Último acceso: 07 Febrero 2023].
- [10] G. enterprise, «GeoNode,» [En línea]. Available: <https://geonode.org/>.

- [11] F. B. S. D. D. A. F. Alessio Fabiani, «State of GeoNode 2.0,» OSGeo Project, Torino, 19 Febrero 2020. [En línea]. Available: https://summit.geonode.org/presentation/2020/afabiani_StateOfGeoNode.pdf. [Último acceso: 14 Febrero 2023].
- [12] GeoSpace Equipment, «Instalación avanzada de GeoNode,» [En línea]. Available: <https://docs.geonode.org/en/master/install/advanced/core/index.html>. [Último acceso: 16 Febrero 2023].
- [13] Laboratorios Linux, «Comandos Básicos de Shell (Terminal),» Universidad de la República Uruguay - Facultad de Ingeniería, [En línea]. Available: <https://www.fing.edu.uy/es/sysadmin/salas-estudiantiles-linux/comandos-b%C3%A1sicos-de-shell-terminal>. [Último acceso: 16 Febrero 2023].
- [14] OsGeoLive , «Guía rápida de GeoNode,» Equipo OSGeo, [En línea]. Available: https://live.osgeo.org/es/quickstart/geonode_quickstart.html. [Último acceso: 14 Febrero 2023].
- [15] G. W. Team, «GeoNode's Architecture,» [En línea]. Available: <https://geonode-docs.readthedocs.io/en/latest/reference/architecture.html>. [Último acceso: 30 Marzo 2023].
- [16] E. Comission, «EMODnet Map Viewer,» Europeran Comission of Environment, Science and Research, [En línea]. Available: <https://emodnet.ec.europa.eu/geoviewer/>. [Último acceso: 27 Febrero 2023].
- [17] P.-E. I. F. O. & M. D. MANAGEMENT, «Sea Data Net,» [En línea]. Available: <https://www.seadatanet.org/>. [Último acceso: 27 Marzo 2023].
- [18] I. G. Nacional, «PNOA: Plan Nacional de Ortofotografía Aérea,» [En línea]. Available: <https://pnoa.ign.es/pnoa-lidar/modelo-digital-del-terreno>. [Último acceso: 27 Marzo 2023].
- [19] E. Comission, «European Marine Observation and Data Network (EMODnet),» Energy, Climate change, Environment, [En línea]. Available: <https://emodnet.ec.europa.eu/en>. [Último acceso: 27 Febrero 2023].
- [20] E. GEBCO, «General Bathymetric Chart of the Oceans,» [En línea]. Available: https://www.gebco.net/about_us/presentations_and_publications/documents/gebco_brochure_spanish.pdf. [Último acceso: 27 Febrero 2023].
- [21] J. G. A. P. F. G. d. A. J. M. F. C. A. Ortiz, «Infraestructura de Datos Espaciales en medio ambiente y acceso a la información ambiental en Andalucía,» 2010. [En línea]. Available: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/66819/ORTIZ.PDF?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 25 MARZO 2023].
- [22] M. Á. C. -. R. d. p. g. d. p. d. Barcelona, «ArcGIS Bathymetry,» [En línea]. Available: <https://www.esri.com/es-es/arcgis/products/arcgis-bathymetry/overview>. [Último acceso: 25 Marzo 2023].
- [23] G. Aquantica, «Aquantica: Proyectos Marinos,» [En línea]. Available: <https://www.aquantica.com.mx/services/batimetria/show>. [Último acceso: 25 Marzo 2023].
- [24] L. equipment, «Lindevs: Programming tutorials, blogs & resources,» 23 Agosto 2021. [En línea]. Available: <https://lindevs.com/install-rabbitmq-on-ubuntu/>. [Último acceso: 25 Febrero 2023].
- [25] «Web de La Moncloa,» [En línea]. Available: <http://www.lamoncloa.gob.es>. [Último acceso: 13 enero 2015].

- [26] J. Rodríguez y V. Fernández, *Cómo redactar el estado del arte de un trabajo*, Editorial Genios, 2010.
- [27] P. Martínez y A. García, *Cómo escribir una buena memoria de TFG*, Publicaciones del 2000, 2013.
- [28] A. Pérez, *Cómo escribir una bibliografía*, Nuevas publicaciones.
- [29] I. H. d. l. Marina, «Acceso al visor multicapa de EMODnet,» Instituto Hidrográfico de la Marina, [En línea]. Available: <https://armada.defensa.gob.es/ihm/Aplicaciones/EMODNET/emodnet.html>. [Último acceso: 27 Febrero 2023].
- [30] M. y. A. U. Ministerio de Transportes, «Catálogo de Datos y Servicios IDEE,» [En línea]. Available: <https://www.idee.es/csw-inspire-idee/srv/spa/catalog.search#/home>. [Último acceso: 27 Febrero 2023].
- [31] O. O. Initiative, «ERDDAP Server,» [En línea]. Available: <https://oceanobservatories.org/erddap-server/>. [Último acceso: 27 Febrero 2023].

ANEXO I: IMPLICACIONES SOCIALES, ECONÓMICAS Y AMBIENTALES

La introducción del uso de IDEs (*Infraestructuras de Datos Espaciales*) en el ejército aporta numerosos beneficios dentro del planeamiento de operaciones militares. Estas plataformas georreferenciadas son una poderosa herramienta para la recogida, gestión y análisis de datos geográficos, lo que las convierte en un importante activo para el estudio de las costas sobre las que operan las unidades pertenecientes al Cuerpo de Infantería de Marina. Sin embargo, el uso de IDEs también tiene implicaciones sociales, económicas y medioambientales significativas, que deben ser consideradas cuidadosamente.

IMPLICACIONES SOCIALES

Socialmente, la consecuencia directa de la entrada de esta tecnología como reconocimiento terrenal es el impacto potencial sobre la privacidad y seguridad de la población civil. El uso de las IDEs permite la recopilación y procesamiento de enormes cantidades de datos relacionados con la geografía, la densidad de población y las infraestructuras de una zona costera. Aunque también puede obtenerse información detallada sobre la vida cotidiana y los movimientos de los civiles, lo que puede suponer una grave violación de la intimidad. No solo puede conducir a la recopilación involuntaria de información sensible, como la ubicación de infraestructuras críticas, sino que podría utilizarse con fines nefastos.

Para mitigar estas preocupaciones, es importante establecer directrices y protocolos claros para la recogida, uso y difusión de datos geoespaciales en el planeamiento de las operaciones militares. Estas directrices deben dar prioridad a la protección de la intimidad y la seguridad de los civiles, así como al tratamiento adecuado de la información sensible.

Además, la recopilación de datos geoespaciales específicos en masa puede permitir a los militares ampliar su área de operaciones. La adquisición de información con su correspondiente procesamiento y análisis a inteligencia permitiría un mayor despliegue de las unidades y su aproximación hacia núcleos de población. Esto ha generado preocupación social, ya que temen que su seguridad se vea vulnerada debido a su cercanía con fuerzas militares (Figura A1 - 1).

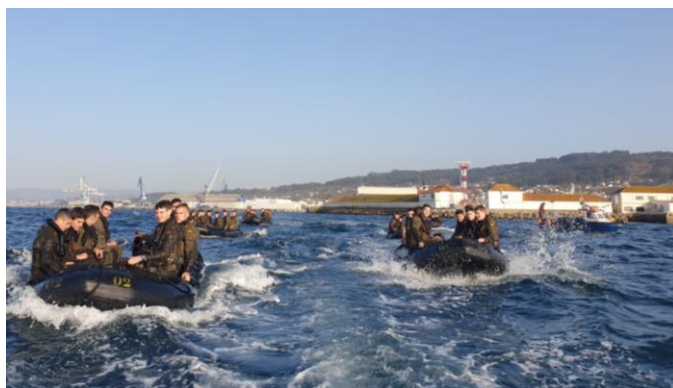


Figura A1 - 1 Fuerza Anfibia en proximidades de un núcleo de población (autoría propia)

Una posible solución a este problema es priorizar la protección del personal civil y zonas habitadas – lo cual ya se tiene en cuenta en las operaciones actuales. Esto puede lograrse por diversos medios, como una mayor colaboración con las armas guiadas de precisión y otras tecnologías que puedan minimizar los daños colaterales, así como la imposición de doctrina y ROEs (*Rules of Engagement o Reglas de Enfrentamiento*) que prohíban ejecutar cualquier acción con efectos sobre las mismas.

En conclusión, las unidades de Infantería de Marina deben garantizar que el uso de las IDEs sea transparente y esté sujeto a supervisión para evitar el uso indebido de los datos o la vulnerabilidad de la seguridad ciudadana.

IMPLICACIONES ECONÓMICAS

La introducción de las IDEs no solo trasciende al ámbito social, sino que también tiene importantes repercusiones económicas. La influencia de esta nueva fuente de información puede tanto favorecer como perjudicar la gestión financiera.

Uno de los efectos inmediatos de su incorporación a los procedimientos vigentes de obtención de información, es la posibilidad de aumentar la eficacia de las operaciones. Mediante el uso de datos geoespaciales, se puede comprender mejor el terreno, la distribución de población y la infraestructura de una zona; por lo tanto, las autoridades militares son capaces de optimizar el uso de los recursos y minimizar el despilfarro. Otro beneficio económico del uso de una IDE es el potencial ahorro de costes. Mediante el uso de datos geoespaciales se puede prescindir de misiones de reconocimiento de elevado presupuesto y otros tipos de medios de procesamiento de información y obtención de inteligencia que serían más caros.

Por el contrario, hay riesgos económicos asociados al uso de las IDEs. Una de las mayores vulnerabilidades que puede tener lugar es la dependencia excesiva de esta tecnología. En situaciones en las que fallase o no estuviese disponible, los militares podrían ser incapaces de planear y ejecutar eficazmente las operaciones militares. En consecuencia, se acarrearían costes significativos y potencialmente desastrosos dentro de una misión específica. Además, las IDEs pueden ser costosas de implantar, ya que requieren una inversión significativa en hardware, software y personal. Sobre todo, se deben sopesar los beneficios del uso de las IDEs frente al gasto generado con su implantación para asegurar su rentabilidad.

Para mitigar estos riesgos, es importante mantener un equilibrio entre el uso de las IDEs y los métodos tradicionales de planeamiento militar.

IMPLICACIONES MEDIOAMBIENTALES

La implantación de las IDEs puede tener un impacto significativo en el medio ambiente, sobre todo si se utilizan fuentes de energía no renovables para alimentar esta tecnología. Sin embargo, cuando se trata de la recogida de datos geoespaciales, el impacto sobre los recursos naturales y los ecosistemas se considera insignificante. Esto se debe a que la recogida de datos geoespaciales puede llevarse a cabo sin necesidad de presencia física sobre el terreno, lo que minimiza la posible perturbación del medio ambiente. La obtención de datos geoespaciales permite a los militares gestionar el análisis de información detallada sobre la geografía, la flora y la fauna de una zona, sin que sea necesario personarse sobre el terreno.

Aunque el uso de las IDEs para la recogida de datos geoespaciales tiene escaso impacto directo sobre los recursos naturales y los ecosistemas, los requisitos energéticos para el procesamiento y almacenamiento de datos pueden tener un impacto negativo sobre el medio ambiente. Sin embargo, es posible mitigar este impacto estableciendo y aplicando directrices y protocolos sostenibles. Por ejemplo, implementar el uso de fuentes de energía renovables, como la solar o la eólica, como método de alimentación o el empleo de tecnologías eficientes para minimizar el consumo de energía.

CONCLUSIÓN

En definitiva, la introducción de las IDEs como medio de obtención de información en el proceso de planeamiento de las operaciones militares tiene importantes implicaciones sociales, económicas y medioambientales. Aunque estas herramientas pueden aportar información valiosa y contribuir con el éxito de la misión, es importante tener en cuenta las posibles repercusiones negativas y tomar medidas para mitigarlas. Esto requiere directrices y protocolos claros para la protección de los recursos naturales y los ecosistemas, el compromiso con las comunidades locales y las partes interesadas, y la consideración

de los costes y beneficios económicos. Con una planificación cuidadosa y un uso responsable, las IDEs pueden ser una herramienta valiosa para las Fuerzas Armadas (Figura A1 - 2).



Figura A1 - 2 Influencia de las Infraestructuras de Datos Espaciales [22]

ANEXO II: REFLEXIONES ÉTICAS Y SOCIALES

A medida que la tecnología sigue evolucionando y desempeñando un papel cada vez más importante en nuestra vida cotidiana, más incidencia se acusa en las implicaciones éticas y sociales de las herramientas que utilizamos. En este caso particular, se va a evaluar el impacto de las herramientas mencionadas a lo largo de todo el proyecto, como GeoNode, Geoserver y aquellas tecnologías que facilitan la creación de Infraestructuras de Datos Espaciales. Estos medios de obtención de información tienen el potencial de revolucionar la forma en que recopilamos e interpretamos los datos sobre el océano, pero también plantean una serie de cuestiones éticas y morales, sobre todo en lo que respecta a las operaciones anfibas, el Cuerpo de Infantería de Marina y las Fuerzas Armadas en su conjunto.

En esencia, el uso de esta plataforma consiste en recopilar datos y darles sentido (Figura A2 - 1). En el contexto de los datos batimétricos, esto se traduce en recoger información sobre el fondo marino y utilizarla para crear mapas detallados. Los productos resultantes facilitan la navegación, la exploración y la conducción de las operaciones militares anfibas. La capacidad de interpretación de estos datos es increíblemente importante, ya que constituye una de las fuentes de obtención de inteligencia dentro del proceso de planeamiento. Sin embargo, como ya se ha mencionado previamente, el uso de estas herramientas plantea una serie de cuestiones éticas y sociales ineludibles.

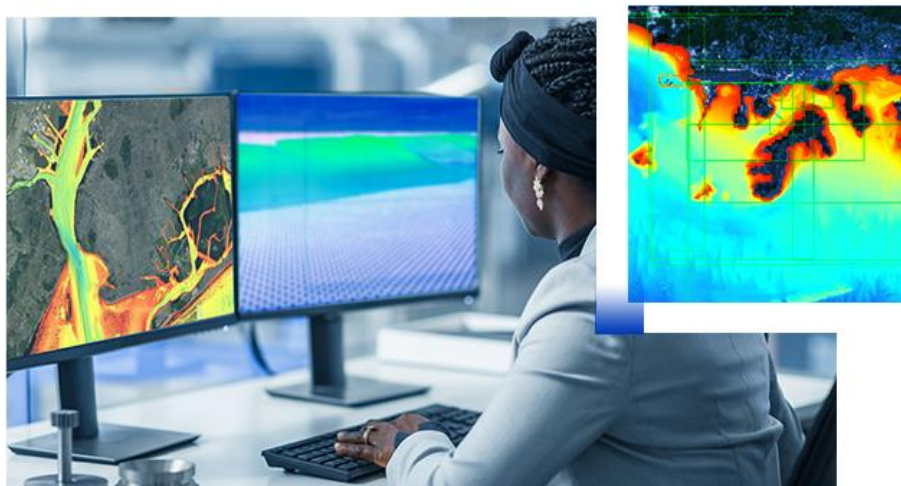


Figura A2 - 1 Realización del estudio batimétrico de la ZA en una misión por un operador [23]

Una de las mayores preocupaciones debidas al uso de estas tecnologías es el impacto que tienen sobre las comunidades locales. Es decir, a medida que recopilamos más datos sobre el océano y los utilizamos para informar a nuestras unidades militares, existe el riesgo de que vulneremos los derechos de las personas que viven cerca de la costa o dependan del océano para su subsistencia. Esto es especialmente cierto en las zonas donde la pesca y otras actividades marinas son comunes, ya que pueden verse directamente afectadas por las operaciones militares costeras.

En relación a este aspecto, cabe mencionar también la controversia que genera respecto a la privacidad y la seguridad. Existe el riesgo de que se extraiga inadvertidamente información sobre individuos o grupos que podría utilizarse con fines ilegítimos. En zonas donde existe un alto nivel de tensión geopolítica, la adquisición y el uso de datos batimétricos podría verse como una amenaza potencial.

Otra preocupación es la capacidad de deshumanización y desensibilización del personal militar. A medida que la tecnología avanza y desempeña un papel más importante en las operaciones militares, existe el riesgo de que los soldados se desconecten de la realidad de las situaciones a las que se enfrentan. A su vez, se puede empezar a generar una falta de empatía y comprensión hacia los civiles y las comunidades afectadas por estas operaciones, lo que puede tener graves consecuencias éticas y sociales.

A pesar de estas preocupaciones, el uso de GeoNode también puede reportar muchas ventajas. Entre ellas se incluye en primer lugar, la facilidad de comprensión del océano y los numerosos y complejos sistemas que pertenecen al mismo, lo que en última instancia puede conducir a esfuerzos de conservación más eficaces y a una mayor apreciación del mundo natural (Figura A2 - 2). Por otro lado, también pueden ayudarnos a prepararnos y responder mejor a las catástrofes naturales, ya que los datos batimétricos pueden utilizarse para predecir y mitigar el impacto de tsunamis, huracanes y otros fenómenos.

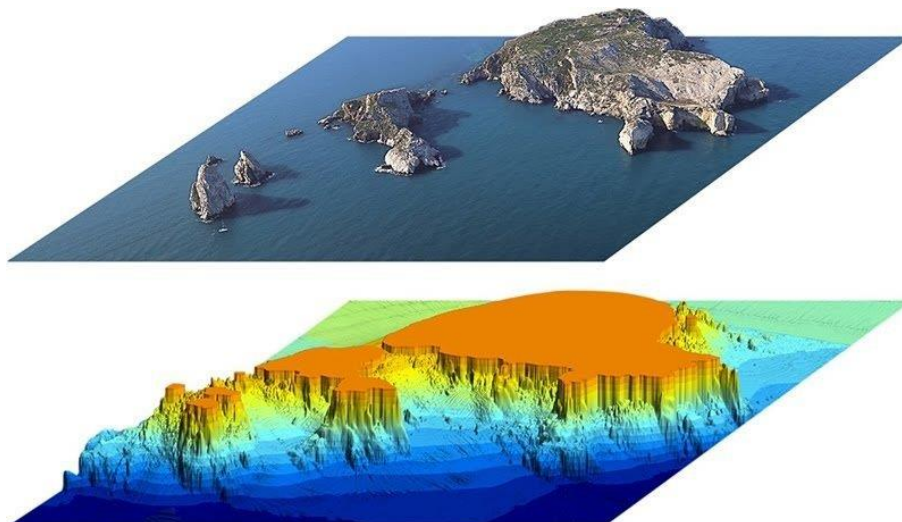


Figura A2 - 22 Información detallada del terreno marino a partir de levantamientos batimétricos [24]

En conclusión, las implicaciones éticas y sociales dependerán de cómo se utilicen las IDEs y con qué fines. Si estas tecnologías se utilizan de forma responsable y con un conocimiento claro de los riesgos y beneficios potenciales, pueden ser herramientas increíblemente poderosas para avanzar en nuestra comprensión del océano y de los muchos sistemas complejos que existen en él. Sin embargo, si se utilizan sin tener debidamente en cuenta sus posibles consecuencias, pueden poseer un carácter perjudicial. Por encima de todo, es esencial que el personal militar reciba una formación y educación adecuadas sobre las implicaciones éticas y morales de su trabajo. En general, la toma de cualquier decisión que forme parte del proceso de planeamiento debe estar basada en principios y valores éticos. De este modo, podremos garantizar que el uso de estas herramientas produzca resultados positivos tanto para la sociedad como para nuestro entorno.

ANEXO III: INSTALACIÓN DE LAS DEPENDENCIAS DE GEONODE

La primera parte consiste en la instalación de los paquetes y herramientas básicos necesarios para comenzar la configuración de GeoNode. Cabe destacar que para hacerlo se utiliza Ubuntu Server, que es una versión de Ubuntu optimizada para ejecutar tareas de servidor y está diseñada para ser altamente segura, escalable y fácil de usar. En el desarrollo particular de este proyecto, el trabajo con Shell ha implicado el uso de Vim como editor de texto, aunque es posible utilizar otros editores para la implementación del software (Nano, Gedit, etc.).

Es necesario comenzar verificando la actualización del sistema. Para ello, se ejecuta el comando mostrado a continuación en la Figura A3 - 1:

```
sudo add-apt-repository ppa:ubuntugis/ppa
sudo apt update -y
```

Figura A3 - 1 Comandos de actualización del equipo [14]

Después, se procede a instalar los paquetes del sistema necesarios para la configuración de GeoNode. Se debe iniciar sesión en la máquina de destino y ejecutar los siguientes comandos mostrados en la Figura A3 - 2:

```
# Install packages from GeoNode core
sudo apt install -y --allow-downgrades build-essential \
python3-gdal=3.4.1+dfsg-1build4 gdal-bin=3.4.1+dfsg-1build4 libgdal-dev=3.4.1+dfsg-1build4 \
python3-all-dev python3.10-dev python3.10-venv virtualenvwrapper \
libxml2 libxml2-dev gettext libmemcached-dev zlib1g-dev \
libxslt1-dev libjpeg-dev libpng-dev libpq-dev \
software-properties-common build-essential \
git unzip gcc zlib1g-dev libgeos-dev libproj-dev \
sqlite3 spatialite-bin libsqlite3-mod-spatialite libsqlite3-dev

# Install Openjdk
sudo apt install openjdk-11-jdk-headless default-jdk-headless -y

# Verify GDAL version
gdalinfo --version
$> GDAL 3.4.1, released 2021/12/27

# Verify Python version
python3.10 --version
$> Python 3.10.4

which python3.10
$> /usr/bin/python3.10

# Verify Java version
java -version
$> openjdk version "11.0.16"

# Install VIM
sudo apt install -y vim

# Cleanup the packages
sudo apt update -y; sudo apt autoremove --purge
```

Figura A3 - 2 Comandos de instalación de paquetes de dependencias [14]

6.1.1 Instalación de GeoNode

Se requiere iniciar la preparación de un nuevo entorno virtual en Python debido al extenso conjunto de bibliotecas y paquetes que se necesitan para el uso de GeoNode. Esto se hace para prevenir conflictos en las dependencias en todo el sistema con otros softwares instalados. Es importante mencionar que solo se debe generar este nuevo entorno virtual la primera vez, no será necesario volver a crearlo en cada ocasión (Figura A3 - 3).

```
which python3.10 # copy the path of python executable

# Create the GeoNode Virtual Environment (first time only)
export WORKON_HOME=~/.virtualenvs
source /usr/share/virtualenvwrapper/virtualenvwrapper.sh
mkvirtualenv --python=/usr/bin/python3.10 geonode # Use the python path from above

# Alternatively you can also create the virtual env like below
mkdir -p ~/.virtualenvs
python3.10 -m venv ~/.virtualenvs/geonode
source ~/.virtualenvs/geonode/bin/activate
```

Figura A3 - 3 Comandos de creación del nuevo entorno virtual [14]

Cuando el entorno virtual esté operativo el símbolo del sistema mostrará el prefijo (*GeoNode*) en color rojo. Cuando se necesite acceder al entorno virtual simplemente se debe ejecutar el comando: *workon geonode*.

Además, es necesario activar el guardado permanente del entorno virtual creado a partir del siguiente comando descrito en la Figura A3 - 4:

```
vim ~/.bashrc

# Write to the bottom of the file the following lines
export WORKON_HOME=~/.virtualenvs
source /usr/share/virtualenvwrapper/virtualenvwrapper.sh
```

Figura A3 - 4 Comandos de guardado permanente del entorno virtual [14]

Finalmente, se instalan los paquetes de Python (Figura A3 - 5):

```
# Install the Python packages
cd /opt/geonode
pip install -r requirements.txt --upgrade
pip install -e . --upgrade
pip install pygdal=="`gdal-config --version`.*"
```

Figura A3 - 5 Comandos de instalación de paquetes Python [14]

6.1.2 Configuración de la base de datos PostGIS

Antes de proceder con el siguiente paso de la instalación, es importante mencionar el concepto de sistema de base de datos relacional de código abierto y alto rendimiento, también llamado PostgreSQL. PostgreSQL es una base de datos relacional de propósito general conocido por su capacidad de ser extendido mediante la creación de nuevas funciones, tipos de datos y lenguajes de programación personalizados, lo que lo convierte en una opción popular para aplicaciones que requieren un alto grado de flexibilidad y personalización. Por otro lado, PostGIS es una extensión de PostgreSQL diseñada específicamente para trabajar con datos geoespaciales. PostGIS ofrece una gama completa de funciones

avanzadas y herramientas de análisis espacial para trabajar con datos geospaciales de manera eficiente y efectiva.

En esta sección, procedemos a la instalación de los paquetes de PostgreSQL junto con la extensión de PostGIS.

```
# Ubuntu 22.04.1 (focal)
sudo sh -c 'echo "deb http://apt.postgresql.org/pub/repos/apt/ `lsb_release -cs`-pgdg main" >>
/etc/apt/sources.list.d/pgdg.list'
sudo wget --no-check-certificate --quiet -O - https://www.postgresql.org/media/keys/ACCC4CF8.asc
| sudo apt-key add -
sudo apt update -y; sudo apt install -y postgresql-13 postgresql-13-postgis-3 postgresql-13-
postgis-3-scripts postgresql-13 postgresql-client-13
```

En este punto, es necesario crear dos bases de datos llamadas *geonode* (Figura A3 - 7) y *geonode_data* (Figura A3 - 6), ambas pertenecientes al rol de usuario "geonode".

```
sudo service postgresql start
sudo -u postgres createuser -P geonode

# Use the password: geonode
```

Figura A3 - 6 Comandos de creación del usuario de GeoNode [14]

```
sudo -u postgres createdb -O geonode geonode
sudo -u postgres createdb -O geonode geonode_data
```

Figura A3 - 7 Comandos de creación de base de datos de GeoNode [14]

Una vez se han creado las bases de datos anteriormente expuestas, se procede a ejecutar la extensión de PostGIS mediante los siguientes comandos:

```
sudo -u postgres psql -d geonode -c 'CREATE EXTENSION postgis;'
sudo -u postgres psql -d geonode -c 'GRANT ALL ON geometry_columns TO PUBLIC;'
sudo -u postgres psql -d geonode -c 'GRANT ALL ON spatial_ref_sys TO PUBLIC;'
sudo -u postgres psql -d geonode -c 'GRANT ALL PRIVILEGES ON ALL TABLES IN SCHEMA public TO
geonode;'
sudo -u postgres psql -d geonode -c 'GRANT ALL PRIVILEGES ON ALL SEQUENCES IN SCHEMA public TO
geonode;'

sudo -u postgres psql -d geonode_data -c 'CREATE EXTENSION postgis;'
sudo -u postgres psql -d geonode_data -c 'GRANT ALL ON geometry_columns TO PUBLIC;'
sudo -u postgres psql -d geonode_data -c 'GRANT ALL ON spatial_ref_sys TO PUBLIC;'
sudo -u postgres psql -d geonode_data -c 'GRANT ALL PRIVILEGES ON ALL TABLES IN SCHEMA public TO
geonode;'
sudo -u postgres psql -d geonode_data -c 'GRANT ALL PRIVILEGES ON ALL SEQUENCES IN SCHEMA public
TO geonode;'
```

El último paso consiste en modificar las políticas de acceso de los usuarios para conexiones locales en el archivo *pg_hba.conf*. Debe realizarse según el comando descrito en la Figura A3 - 8.

```
sudo vim /etc/postgresql/13/main/pg_hba.conf
```

Figura A3 - 8 Comandos de acceso a modificación de permisos [14]

En la parte inferior del archivo que se abra, es necesario verificar si existe una conexión local "trusted" para el usuario específico. Debe el siguiente formato expuesto a continuación, según la Figura A3 - 9:

```

...
# DO NOT DISABLE!
# If you change this first entry you will need to make sure that the
# database superuser can access the database using some other method.
# Noninteractive access to all databases is required during automatic
# maintenance (custom daily cronjobs, replication, and similar tasks).
#
# Database administrative login by Unix domain socket
local    all             postgres                                trust

# TYPE      DATABASE      USER      ADDRESS        METHOD

# "local" is for Unix domain socket connections only
local    all             all                                     md5
# IPv4 local connections:
host     all             all        127.0.0.1/32    md5
# IPv6 local connections:
host     all             all        ::1/128         md5
# Allow replication connections from localhost, by a user with the
# replication privilege.
local    replication     all                                     peer
host     replication     all        127.0.0.1/32    md5
host     replication     all        ::1/128         md5

```

Figura A3 - 9 Comandos de permiso de acceso local [14]

Para que el cambio sea efectivo, se debe reiniciar la máquina (Figura A3 - 10).

```
sudo service postgresql restart
```

Figura A3 - 10 Comandos de reinicio de PostgreSQL [14]

6.1.3 Instalar GeoServer

El siguiente paso para completar la instalación consiste en añadir el contenedor Servlet Java. Este componente de programación (“*servlet*”) procesa las solicitudes de los clientes y devuelve respuestas. Utiliza la plataforma *Java* para manejar las solicitudes HTTP y otros protocolos de red. Su uso es esencial para beneficiarse de dinamismo y escalabilidad, con mayor flexibilidad y control que las páginas web estáticas. Se inicia en el puerto interno *Apache Tomcat 88080* (Figura A3 - 11).

```
sudo vim /usr/lib/systemd/system/tomcat9.service
```

Figura A3 - 11 Comandos de iniciación del servicio Tomcat [14]

Tomcat 9 es un servidor web de código abierto que ejecuta aplicaciones Java en la web. Es ampliamente utilizado debido a su compatibilidad con las especificaciones Servlet, y su facilidad de configuración y administración.

```
[Unit]
Description=Apache Tomcat Server
After=syslog.target network.target

[Service]
Type=forking
User=tomcat
Group=tomcat

Environment=JAVA_HOME=/usr/lib/jvm/jre
Environment=JAVA_OPTS=-Djava.security.egd=file:///dev/urandom
Environment=CATALINA_PID=/opt/tomcat/latest/temp/tomcat.pid
Environment=CATALINA_HOME=/opt/tomcat/latest
Environment=CATALINA_BASE=/opt/tomcat/latest

ExecStart=/opt/tomcat/latest/bin/startup.sh
ExecStop=/opt/tomcat/latest/bin/shutdown.sh

RestartSec=30
Restart=always

[Install]
WantedBy=multi-user.target
```

Figura A3 - 12 Comandos de definición del servicio Tomcat [14]

```
sudo systemctl daemon-reload
sudo systemctl enable tomcat9.service
sudo systemctl start tomcat9.service
```

Figura A3 - 13 Comandos de activación del servicio Tomcat [14]

Una vez se ha programado Tomcat9, a partir de la definición y activación mostradas en las Figura A3 - 12 y Figura A3 - 13 respectivamente, se procede a instalar GeoServer utilizando la siguiente secuencia de comandos.

```
# Create the target folders
sudo mkdir -p /opt/data
sudo chown -Rf $USER:www-data /opt/data
sudo chmod -Rf 775 /opt/data
sudo mkdir -p /opt/data/logs
sudo chown -Rf $USER:www-data /opt/data/logs
sudo chmod -Rf 775 /opt/data/logs

# Download and extract the default GEOSERVER_DATA_DIR
GS_VERSION=2.20.5
sudo wget --no-check-certificate "https://artifacts.geonode.org/geoserver/$GS_VERSION/geonode-geoserver-ext-web-app-data.zip" -O data-$GS_VERSION.zip

sudo unzip data-$GS_VERSION.zip -d /opt/data/

sudo mv /opt/data/data/ /opt/data/geoserver_data
sudo chown -Rf tomcat:www-data /opt/data/geoserver_data
sudo chmod -Rf 775 /opt/data/geoserver_data

sudo mkdir -p /opt/data/geoserver_logs
sudo chown -Rf tomcat:www-data /opt/data/geoserver_logs
sudo chmod -Rf 775 /opt/data/geoserver_logs

sudo mkdir -p /opt/data/gwc_cache_dir
```

```

sudo chown -Rf tomcat:www-data /opt/data/gwc_cache_dir
sudo chmod -Rf 775 /opt/data/gwc_cache_dir

# Download and install GeoServer
sudo wget --no-check-certificate "https://artifacts.geonode.org/geoserver/$GS_VERSION/geoserver.war"
-O geoserver-$GS_VERSION.war
sudo mv geoserver-$GS_VERSION.war /opt/tomcat/latest/webapps/geoserver.war

sudo sed -i -e 's/xom-.*\.jar/xom-.*\.jar,bcprov.*\.jar/g'
/opt/tomcat/latest/conf/catalina.properties

export JAVA_HOME=$(readlink -f /usr/bin/java | sed "s:bin/java::")
echo 'JAVA_HOME=$JAVA_HOME' | sudo tee --append /opt/tomcat/latest/bin/setenv.sh
sudo sed -i -e "s/JAVA_OPTS=#JAVA_OPTS=/g" /opt/tomcat/latest/bin/setenv.sh

echo 'GEOSERVER_DATA_DIR="/opt/data/geoserver_data"' | sudo tee --append
/opt/tomcat/latest/bin/setenv.sh
echo 'GEOSERVER_LOG_LOCATION="/opt/data/geoserver_logs/geoserver.log"' | sudo tee --append
/opt/tomcat/latest/bin/setenv.sh
echo 'GEOWEBCACHE_CACHE_DIR="/opt/data/gwc_cache_dir"' | sudo tee --append
/opt/tomcat/latest/bin/setenv.sh
echo 'GEOFENCE_DIR="$GEOSERVER_DATA_DIR/geofence"' | sudo tee --append
/opt/tomcat/latest/bin/setenv.sh
echo 'TIMEZONE="UTC"' | sudo tee --append /opt/tomcat/latest/bin/setenv.sh

echo 'JAVA_OPTS="-server -Djava.awt.headless=true -Dorg.geotools.shapefile.datetime=false -DGS-
SHAPEFILE-CHARSET=UTF-8 -XX:+UseParallelGC -XX:ParallelGCThreads=4 -Dfile.encoding=UTF-8 -
Duser.timezone=$TIMEZONE -Xms512m -Xmx4096m -Djavax.servlet.request.encoding=UTF-8 -
Djavax.servlet.response.encoding=UTF-8 -DGEOSERVER_CSRF_DISABLED=true -
DPRINT_BASE_URL=http://localhost:8080/geoserver/pdf -DGEOSERVER_DATA_DIR=$GEOSERVER_DATA_DIR -
Dgeofence.dir=$GEOFENCE_DIR -DGEOSERVER_LOG_LOCATION=$GEOSERVER_LOG_LOCATION -
DGEOWEBCACHE_CACHE_DIR=$GEOWEBCACHE_CACHE_DIR"' | sudo tee --append /opt/tomcat/latest/bin/setenv.sh

```

En este punto del proceso, queda configurado el servidor de código abierto que permite publicar y compartir datos geoespaciales a través de estándares web. GeoServer será utilizado para crear y compartir los mapas en línea y aplicaciones geoespaciales.

6.1.4 Servidor web

Para completar la instalación y permitir la exposición del servidor, primero es necesario configurar NGINX el servidor HTTPD para alojar *GeoNode* y *GeoServer*. En la configuración inicial aún se ejecutan los servicios en <http://localhost>. Cabe destacar que es imprescindible a continuación actualizar los ajustes para enlazar adecuadamente con la *PostgreSQL Base de Datos* y los servicios que se ejecutan en una IP pública o nombre de host. Para habilitar una conexión segura se utiliza el proveedor *Let's Encrypt*. Este servidor no es más que una autoridad de certificación que proporciona certificados SSL/TLS gratuitos y automatizados para sitios web, lo que permite la encriptación de datos en línea. Sus certificados se emiten automáticamente y son reconocidos por la mayoría de los navegadores web modernos.

6.1.5 Actualización de la configuración de los servicios

De forma paralela, si se desea ejecutar los servicios en una dirección IP o un dominio público, como es el caso de este proyecto, se deben actualizar algunos servicios para reflejar el nuevo nombre del servidor.

```
sudo vim /etc/nginx/sites-enabled/geonode

# Update the 'server_name' directive
server_name example.org www.example.org;

# Restart the service
sudo service nginx restart
```

Figura A3 - 14 Comandos de actualización de la configuración NGINX [14]

```
sudo vim /etc/uwsgi/apps-enabled/geonode.ini

# Change everywhere 'localhost' to the new hostname
:s/localhost/www.example.org/g
:wq

# Restart the service
sudo service geonode-uwsgi restart
```

Figura A3 - 15 Comandos de actualización de la configuración UWSGI [14]

Cabe destacar el uso de NGINX como servidor web de alto rendimiento y software de proxy inverso. Es utilizado para servir contenido web estático y dinámico, equilibrar la carga de tráfico y proteger los sitios web contra amenazas. Por otro lado, UWSGI es un servidor de aplicaciones web que soporta múltiples lenguajes de programación como Python, Ruby y PHP. También funciona como un *gateway* para servidores web como NGINX y Apache.

Su actualización (Figura A3 - 14 y Figura A3 - 15) es imprescindible para poder continuar con la instalación de las dependencias.

6.1.6 Instalación y habilitación de conexión segura HTTPS

Para finalizar la instalación, hay que encriptar la comunicación entre el servidor y el cliente. De esta forma, se evita cualquier ataque o amenaza externa. Este proceso se realiza a partir de los siguientes comandos:

```
# Install Let's Encrypt Certbot
# sudo add-apt-repository ppa:certbot/certbot # for ubuntu 18.04 and Lower
sudo apt update -y; sudo apt install python3-certbot-nginx -y

# Reload NGINX config and make sure the firewall denies access to HTTP
sudo systemctl reload nginx
sudo ufw allow 'Nginx Full'
sudo ufw delete allow 'Nginx HTTP'

# Create and dump the Let's Encrypt Certificates
sudo certbot --nginx -d example.org -d www.example.org
# ...choose the redirect option when asked for
```

6.1.7 Habilitación de tareas totalmente asincrónicas

Por último, es necesario otorgar la permisión al sistema para que las tareas se ejecuten en segundo plano sin bloquear el flujo principal de una aplicación. Con esta finalidad se pretende mejorar la eficiencia y la capacidad de respuesta de la aplicación. "Rabbit MQ server" es un software de intermediación de mensajes que permite a las aplicaciones distribuidas comunicarse entre sí de forma asíncrona, cuya instalación se realiza a partir de [16]:

```
sudo apt install curl -y

## Import GPG Key
sudo apt update
sudo apt install curl software-properties-common apt-transport-https lsb-release
curl -fsSL https://packages.erlang-solutions.com/ubuntu/erlang_solutions.asc | sudo gpg --dearmor -o
/etc/apt/trusted.gpg.d/erlang.gpg

## Add Erlang Repository to Ubuntu
sudo apt update
sudo apt install erlang

## Add RabbitMQ Repository to Ubuntu
curl -s https://packagecloud.io/install/repositories/rabbitmq/rabbitmq-server/script.deb.sh | sudo
bash

## Install RabbitMQ Server
sudo apt install rabbitmq-server

# check the status (it should already be running)
sudo systemctl status rabbitmq-server

# check the service is enabled (it should already be enabled)
sudo systemctl is-enabled rabbitmq-server.service

# enable the web frontend and allow access through firewall
# view this interface at http://<your ip>:15672
sudo rabbitmq-plugins enable rabbitmq_management
sudo ufw allow proto tcp from any to any port 5672,15672
```

Ahora GeoNode debe estar listo para su configuración y uso.