# ECOOIL: GEOVISOR WEB PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PLATAFORMAS ABANDONADAS EN LA INDUSTRIA DE HIDROCARBUROS




Autores:

HERNAN DARÍO CAMELO PINZÓN

Ingeniero Catastral y Geodesta

LAURA DANIELA TAVERA CRUZ

Ingeniero Catastral y Geodesta

Trabajo de grado en modalidad de monografía presentado como requisito parcial para optar por el título de Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Director

M.Sc. SALOMÓN EINSTEIN RAMÍREZ FERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

BOGOTA D.C

2023

## Tabla de contenido

Introducción ..... 4
Marco de referencia ..... 6
Antecedentes ..... 6
Marco Teórico ..... 9
*Gestión de Información Geográfica* ..... 9
*Ingeniería de Software* ..... 9
*Licenciamiento Ambiental* ..... 10
Marco conceptual ..... 11
Marco Normativo ..... 13
Problema ..... 15
Alcance ..... 17
Alcance Espacial ..... 17
Alcance Temporal ..... 17
Alcance Técnico ..... 17
Alcance Temático ..... 18
Justificación ..... 19
Objetivos ..... 21
General ..... 21
Específicos ..... 21
Metodología ..... 22
Fase de análisis ..... 23
Fase Diseño ..... 23
Fase de implementación ..... 24
Fase de Evaluación ..... 24
Resultados ..... 25
Fase de análisis ..... 25
*Requerimientos funcionales* ..... 25
*Requerimientos no funcionales* ..... 26
*Reglas de Negocio* ..... 26
*Actores del sistema* ..... 27
*Casos de uso* ..... 27
Fase de diseño ..... 28
*Diagrama de Paquetes por Casos de Uso* ..... 29
*Diagrama de Componentes* ..... 30
*Diagrama de despliegue* ..... 30
*Diseño de la Base de Datos Espacial* ..... 31

Fase de implementación ..... 36
*Funcionalidades y Herramientas* ..... 38
Fase de evaluación ..... 39
Conclusiones ..... 44
Referencias ..... 46

## Lista de Imágenes

*Imagen 1.Geovisor ANH* ..... 6
*Imagen 2.Geovisor SIAC* ..... 7
*Imagen 3.Geovisor Geovex* ..... 8
*Imagen 4.Visor geográfico web para la gestión de información generada* ..... 8
*Imagen 5. Fases de la Metodología* ..... 22
*Imagen 6.Diagrama de Casos de Uso* ..... 28
*Imagen 7.Diagrama de Paquetes por Casos de Uso* ..... 29
*Imagen 8.Diagrama de Componentes* ..... 30
*Imagen 9.Diagrama de Despliegue* ..... 31
*Imagen 10 de persistencia EcoOil* ..... 32
*Imagen 11.Estructura Base de Datos Geográfica EcoOil* ..... 35
*Imagen 12. Despliegue de acceso Geovisor Web EcoOil* ..... 36
*Imagen 13.Visualización inicial Geovisor Web EcoOil* ..... 37
*Imagen 14.visualización de la información goegrafica* ..... 37
*Imagen 15. Resultados Pruebas de Usabilidad y Funcionalidad* ..... 43
*Imagen 16. Resultados de los Usuarios* ..... 43

## Lista de Tablas

*Tabla 1. Requerimientos Funcionales* ..... 25
*Tabla 2. Requerimientos No Funcionales* ..... 26
*Tabla 3. Datos Recolectados* ..... 33
*Tabla 4. Herramientas de Visualización* ..... 38
*Tabla 5. Herramientas de Navegacion* ..... 38
*Tabla 6. Herramientas de Consulta* ..... 38
*Tabla 7. Caracteristicas criterios de evaluación* ..... 41
*Tabla 8. Criterios de calificación* ..... 42
*Tabla 9. Resultados obtenidos en la evaluacion* ..... 42

## Introducción

En el ámbito de la gestión ambiental en la industria de hidrocarburos, la implementación de soluciones tecnológicas surge como un elemento crucial para abordar desafíos específicos. Este documento presenta la implementación del Geovisor Web EcoOil, diseñado para identificar, evaluar y priorizar las locaciones o plataformas inactivas en la industria de hidrocarburos, con el propósito de facilitar su restauración ecológica efectiva y sostenible, para el municipio de Puerto Gaitán ubicado en el departamento del Meta, con un enfoque en los contratos de hidrocarburos denominados como Proyectos de Interés Nacional y Estratégicos (PINES) "RUBIALES" y "CAÑO SUR".

En la industria de hidrocarburos existe una carencia de herramientas que permitan a las empresas gestionar de manera eficiente las áreas abandonadas, promoviendo así la responsabilidad ambiental y cumplimiento normativo, evitando que les sean impuestas sanciones económicas por posibles incumplimientos.

Es esencial reconocer la complejidad ambiental asociada a la explotación de hidrocarburos y la importancia de un adecuado manejo de las áreas abandonadas. La ausencia de soluciones ha llevado a dificultades en la toma de decisiones y, en algunos casos, a incumplimientos normativos. Por ello contar con una solución como el Geovisor Web EcoOil mejora la gestión ambiental en el sector de hidrocarburos, reduciendo riesgos legales y ambientales para las empresas.

En el desarrollo del Geovisor se empleó un enfoque ágil, utilizando la metodología Scrum, la cual permitió la construcción de una base de datos geográfica sólida, la creación de Geoservicios Web y la implementación de herramientas planteadas en los requerimientos, en un tiempo reducido, cumpliendo con los sprint propuestos.

El despliegue del Geovisor Web, se llevó a cabo en ArcGIS Experience Builder, herramienta mediante la cual se implementó y se personalizó la interfaz de usuario de una manera sencilla para su disposición a los usuarios finales.

Finalmente, en la fase de evaluación se encontró que el Geovisor tiene valoración positiva por parte de los usuarios en cuanto a su usabilidad y funcionalidad, las herramientas y funcionalidades son acorde a los requerimientos y casos de uso, resaltando que el Geovisor Web EcoOil es una herramienta que centraliza la información y contribuye en la toma de decisiones a los funcionarios de las empresas de hidrocarburos.

# Marco de referencia

## Antecedentes

En la actualidad existen diversos aplicativos web que suministran información relacionada con el tema de hidrocarburos, sin embargo, no existe uno que brinde información explícita respecto a las plataformas abandonadas, con el fin de tener una base de referencia para este proyecto, a continuación, se presentan cuatro trabajos que guardan relación con el tema objeto de esta monografía:

El primero de ellos es el *GeoVisor ANH v3.1* - desarrollado por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), la cual es la institución responsable de administrar el funcionamiento del Geovisor. Este se presenta en la *Imagen 1* y se constituye como una herramienta que permite visualizar gráfica y dinámicamente capas de información geográfica en formato ráster y vector. Así mismo, se destaca el Mapa de Tierras, el cual se actualiza de manera constante y facilita la identificación de áreas sujetas a exploración y explotación, así como las áreas disponibles para la celebración de contratos en las diferentes cuencas sedimentarias del país (ICDE, 2017).




*Imagen 1.Geovisor ANH*
*Fuente: ANH*

El segundo proyecto es el Geovisor SIAC, desarrollado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). En la *Imagen 2*, se puede observar el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), definido como: "El conjunto integrado de actores, políticas, procesos, y tecnologías involucradas en la gestión de información ambiental del país, para facilitar la generación de conocimiento, la toma de decisiones, la educación y la participación social para el desarrollo sostenible" (Ordenamiento Ambiental Territorial y Sistema Nacional Ambiental - SINA - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022).




*Imagen 2.Geovisor SIAC*
*Fuente: ANLA*

El tercer proyecto es el trabajo desarrollado por Cruz (2020), denominado GEOVEX: visor geográfico para la disposición, consulta y visualización de información generada en la exploración perforatoria de hidrocarburos en Colombia. Este presenta un visor geográfico que permite llevar a cabo la realización de consultas y visualizaciones de información geográfica para las áreas que cuentan con una licencia ambiental otorgada por la ANLA. La *Imagen 3* muestra la interfaz del Geovisor desarrollado donde se puede observar el despliegue de las capas involucradas en la exploración perforatoria de hidrocarburos y herramientas de paneo, consulta, búsqueda, medición, creación y modificación, acorde a lo especificado en los casos de uso y la definición de requerimientos.

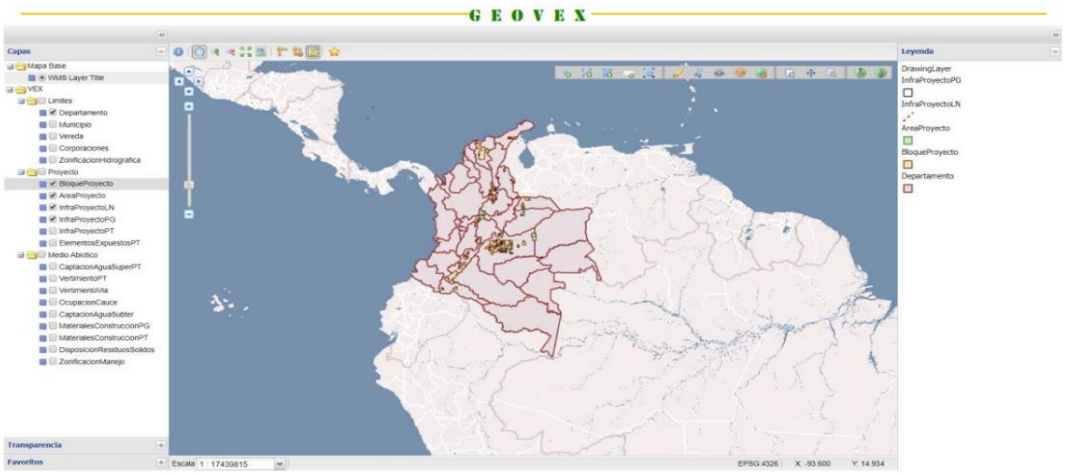



*Imagen 3.Geovisor Geovex*
*Fuente: Cruz Hincapié, A. C. (2020)*

Finalmente, se presenta el trabajo realizado por Vega (2021), titulado “Desarrollo de un visor geográfico web para la gestión de información generada en el marco del licenciamiento y seguimiento ambiental en Colombia”. En este proyecto, el autor desarrolla un visor geográfico web como una solución para la disposición de la información geográfica asociada al licenciamiento y seguimiento ambiental para los diferentes actores del proceso que no tienen conocimiento de herramientas SIG, pero requieren de insumos geográficos en la toma de decisiones. En la *Imagen 4* se observa la interfaz gráfica de usuario (GUI), el despliegue de las capas de información generadas y herramientas para la interacción del mapa.

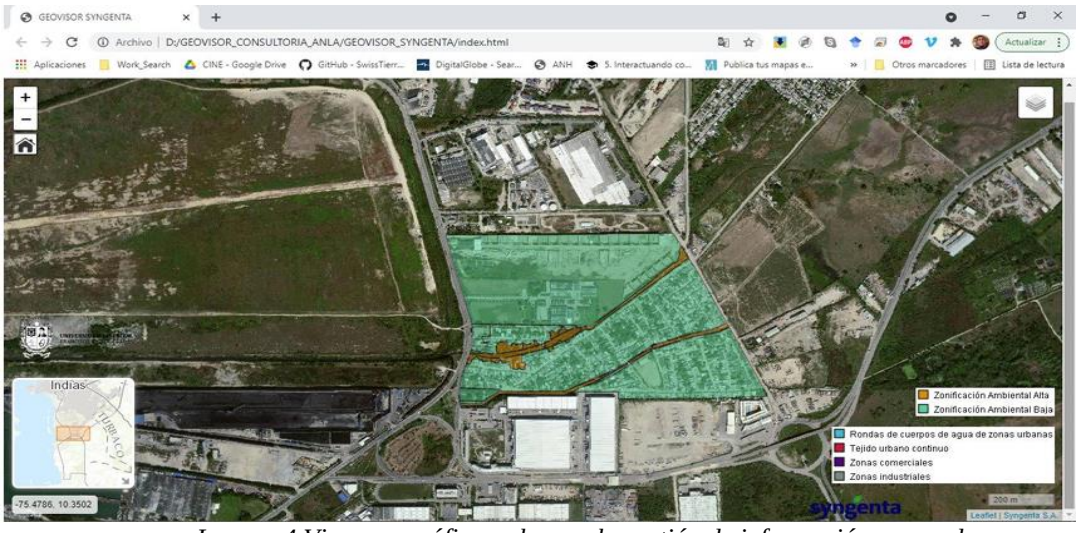



*Imagen 4.Visor geográfico web para la gestión de información generada en el marco del licenciamiento y seguimiento ambiental en Colombia*
*Fuente: Vega García, M. G. (2021)*

## Marco Teórico

### *Gestión de Información Geográfica*

El componente central abordado en este documento se relaciona con la gestión de información geográfica, según la definición de Woodman (1985): "todo lo que tiene que ver con obtener la información correcta, en la forma adecuada, para la persona indicada, al costo correcto, en el momento oportuno, en el lugar indicado para tomar la acción precisa". Este enfoque vincula la estructura organizacional y funcional de una entidad con la toma de decisiones basada en información, buscando eficiencia y economía en la generación de servicios y productos que satisfagan las necesidades del usuario.

Un Sistema de Gestión de Información maximiza sus recursos al construir un visor cartográfico para administrar información técnica georreferenciada y seguir el progreso contractual de activos en exploración y producción de hidrocarburos. Este sistema facilita la mejora continua y la toma de decisiones a todos los niveles jerárquicos de la organización (Ponjuán, 2011).

La gestión de información geográfica abarca procesos que controlan el ciclo de vida de la información geográfica, desde su obtención hasta su disposición en diversos canales de comunicación (SIG, geovisores, entre otros). Su objetivo es implementar componentes y estrategias que mejoren los procesos de planificación, producción, publicación, acceso y actualización de geodatos, satisfaciendo la demanda de los usuarios y generando productos de información valiosos para la toma de decisiones en las organizaciones (Valenzuela et al., 2010).

### *Ingeniería de Software*

El desarrollo de este proyecto está fundamentado en la ingeniería de software, la cual, es una disciplina que integra procesos, métodos y herramientas para el desarrollo y

mantenimiento de un software de calidad, se ocupa de aspectos relacionados con el desarrollo de sistemas incluyendo hardware, software y procesos basados en elementos de calidad.

***Licenciamiento Ambiental***

El proceso de licenciamiento ambiental en Colombia surge como respuesta a las prácticas negligentes y deficientes que se han llevado a cabo en el territorio nacional, especialmente en zonas ricas en recursos, biodiversidad y componentes ambientales. Este marco regulatorio encuentra sus cimientos en la década de los setenta, coincidiendo con la promulgación del código de recursos naturales renovables y de protección del medio ambiente, que se materializa a través de la Ley 99 de 1993.

La evaluación de impacto ambiental, una faceta esencial en el proceso de licenciamiento se ha desarrollado mediante análisis y estudios que siguen el modelo estadounidense de regulaciones ambientales. Este modelo ha evolucionado en respuesta a cambios en las condiciones ambientales y al crecimiento del sector productivo. Conceptualmente, la licencia ambiental abarca todos los permisos, autorizaciones y concesiones necesarios para el uso, aprovechamiento y afectación de los recursos naturales renovables durante la vida útil del proyecto, obra o actividad (ANLA, s.f.).

En el contexto colombiano, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) es la entidad encargada del licenciamiento ambiental. Dentro del sector de hidrocarburos, la ANLA lleva a cabo la evaluación de estudios ambientales, incluyendo la evaluación económica de impactos tanto positivos como negativos, de acuerdo con el Decreto 1076 de 2015, que regula las operaciones sujetas a licenciamiento ambiental.

Actualmente, en el sector de hidrocarburos, solo ciertas actividades, como la construcción de vías para el tránsito vehicular necesario en las operaciones o las actividades de perforación exploratoria fuera de los campos de producción existentes, se consideran

necesarias de licenciamiento ambiental. Sin embargo, persiste la controversia entre profesionales técnicos y la población en general respecto a actividades que generan impacto en el territorio y no están sujetas al licenciamiento adecuado.

**Marco conceptual**

A continuación, se presentan algunos conceptos clave que son fundamentales para comprender el contexto en el cual se enmarca el presente proyecto:

Abandono definitivo: Operación de abandono ejecutada cuando no hay interés de retornar al pozo por parte del operador, que incluye la ubicación de tapones de cemento y/o mecánicos como barrera primaria y secundaria para aislar formaciones productoras de agua, gas o petróleo, garantizando un sello transversal (revestimiento - cemento - formación - sello litológico). Incluye también el relleno del contrapozo, la instalación del monumento y la placa de abandono y el desmantelamiento de equipos y facilidades de producción, esto último, siempre y cuando en la misma locación no haya otros pozos en operación, así como la limpieza y restauración ambiental de las zonas donde se hayan realizado operaciones de exploración, evaluación o producción (Avance Jurídico Casa Editorial Ltda., s.f.).

Abandono temporal: Operación de abandono que se implementa considerando que, por diferentes razones, el operador puede tener interés en reingresar al pozo durante las fases de exploración y producción. El cierre técnico del pozo exige la instalación de tapones de cemento y/o mecánicos como barrera primaria y secundaria para aislar formaciones productoras de agua, gas o petróleo, garantizando un sello transversal (revestimiento - cemento - formación - sello litológico), permitiendo la permanencia del cabezal de pozo para facilitar futuras intervenciones a consideración del operador, previa autorización del Ente de Fiscalización de las actividades de exploración y producción de hidrocarburos (Avance Jurídico Casa Editorial Ltda., s.f.).

ANH: Agencia Nacional de Hidrocarburos es la autoridad encargada de promover el aprovechamiento óptimo y sostenible de los recursos hidrocarburíferos del país, administrándolos integralmente y armonizando los intereses de la sociedad, el Estado y las empresas del sector, fue creada en el año 2009 (ANH, 2019).

ANLA: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, es la encargada de que los proyectos, obras o actividades sujetos de licenciamiento, permiso o trámite ambiental cumplan con la normativa ambiental, de tal manera que contribuyan al desarrollo sostenible ambiental del País, fue creada en el año 2011 (DAFP, 2011).

Geovisor: Es una herramienta de software que permite publicar mapas en la intranet o en internet, admite la visualización de la información espacial de la base de datos a través de mapas interactivos disponibles para consulta de los usuarios (Domínguez y Gómez, 2016).

Información Geográfica: Es el conjunto de datos que posee un componente geométrico o espacial, describe la localización de los objetos en el espacio y las relaciones espaciales entre ellos. Es entendida como información geográfica al producto de la georreferenciación de bases de datos temáticas que posean atributos geográficos, tales como las imágenes de sensores remotos satelitales y aerotransportados, la cartografía marítima y aeronáutica, entre otros (CONPES 3585, 2009).

PINE: Los Proyectos de Interés Nacional y Estratégico surgen del documento CONPES 3762 del 2013 “Lineamientos de política para el desarrollo de PINE”, el cual establece los criterios para considerar un proyecto de interés nacional estratégico, y generar acciones que faciliten la ejecución eficiente y oportuna de tales proyectos, de acuerdo con las políticas del Gobierno nacional (Eiticolombia, 2016).

Pozo inactivo: Pozo que no se encuentra desarrollando alguna actividad durante un período de máximo 6 meses continuos. Puede ser reutilizado posteriormente con algún fin o

abandonado, razón por la cual debe estar aislado, con una o más válvulas cerradas en la dirección del flujo (CREG – Gestor normativo, s.f.).

Pozo terminado: Pozo en el que se ha desarrollado el conjunto de operaciones y trabajos en el subsuelo que tienen por objeto comunicar el pozo con la formación y dotarlo de todo lo requerido para producir hidrocarburos o inyectar fluidos en la formación (CREG – Gestor normativo, s.f.).

Pozo suspendido temporalmente: Pozo que estuvo inactivo durante un periodo continuo máximo de seis (6) meses y ha sido autorizado por el Ente de Fiscalización para permanecer por un determinado tiempo sin realizar ninguna actividad, bien sea producción, inyección, disposición o monitoreo, garantizando durante dicho tiempo la integridad del pozo. En el caso de pozos en perforación, serán pozos que no reporten actividad alguna de continuación en la actividad de perforación (CREG – Gestor normativo, s.f.).

Tapón balanceado: Tapón de cemento o de material similar ubicado como una lechada en un lugar específico del pozo para proporcionar un medio de aislamiento, a través del balance hidrostático de la columna de fluido en el anular y tubería de trabajo (CREG – Gestor normativo, s.f.).

Tapón mecánico: Herramienta de fondo de pozo que se ubica y configura para aislar la parte inferior de este. Los tapones mecánicos pueden ser permanentes, perforables o recuperables y permiten que la sección por debajo de ellos se mantenga permanentemente sellada a la producción o inyección de fluidos, o sea aislada temporalmente de un tratamiento efectuado en la parte superior (CREG – Gestor normativo, s.f.).

**Marco Normativo**

El Acuerdo 4 de 2012, en conjunto con el correspondiente reglamento de contratación, establece los criterios para la administración y asignación de áreas destinadas a

la exploración y explotación de hidrocarburos propiedad de la Nación. Asimismo, delinean normativas para la gestión y supervisión de los contratos respectivos.

En virtud del Decreto 1073 de 2015, específicamente en la subsección 1.2 que aborda yacimientos situados en dos o más entidades territoriales según el artículo 2.2.1.1.1.1.2.1., su finalidad radica en la formulación de parámetros técnicos con el propósito de determinar los porcentajes de participación de las entidades territoriales que comparten yacimientos de recursos naturales no renovables dentro de sus límites geográficos. Este proceso tiene como objetivo final la liquidación de la participación de dichas entidades territoriales en las regalías y compensaciones derivadas de la explotación de estos recursos.

La Resolución 2182 de 2016 presenta modificaciones y consolidación al Modelo de Almacenamiento Geográfico, el cual está integrado en la metodología general para la presentación de estudios ambientales y en el manual de seguimiento ambiental de proyectos. Este ajuste tiene como objetivo mejorar la eficiencia y coherencia en el manejo de información geográfica en el contexto de estudios ambientales.

Adicionalmente, la Resolución 471 de 2020 establece las especificaciones técnicas mínimas que deben cumplir los productos de la cartografía básica oficial de Colombia, de acuerdo con las directrices establecidas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Estas especificaciones se diseñan con el fin de garantizar la calidad y uniformidad de la cartografía básica oficial, asegurando su coherencia con los estándares definidos por el IGAC como ente rector.

Finalmente, la Resolución 40230 de 2022 establece los requisitos técnicos mínimos para llevar a cabo las operaciones de suspensión temporal, abandono temporal o definitivo de pozos, en desarrollo de actividades de exploración y producción de hidrocarburos y modifica parcialmente la Resolución 181495 de 2009.

## Problema

En Colombia, la industria de hidrocarburos genera impactos a nivel ambiental y socioeconómico, alteración de ecosistemas, entre otros, por ende, es una industria que se encuentra bajo supervisión de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) como entidad ambiental reguladora.

Es así, como es de obligatoriedad para las empresas que llevan a cabo actividades de perforación exploratoria de hidrocarburos administrar y gestionar cada una de las actividades y procesos de restauración ecológica en infraestructura abandonada en pro de evitar sanciones normativas y ser ambientalmente sostenibles.

Actualmente, existen diferentes multas y sanciones relacionadas con las afectaciones al medio ambiente, siendo la Ley 1333 de 2009 la normativa central que establece el procedimiento sancionatorio ambiental y otras disposiciones pertinentes. Uno de los casos más recientes es la sanción impuesta a la petrolera nacional Ecopetrol, la cual se originó por las obras adelantadas en el área de perforación exploratoria CPO09 que se encuentra en el municipio de Acacías, Meta, donde se realiza la construcción de un puente que no estaba en el estudio inicial.

De esta manera, la ANLA expidió la resolución 01613 del 10 de septiembre del 2021 donde se multa a Ecopetrol por 3.667 millones de pesos. Así mismo la empresa fue sancionada 3 veces a lo largo del año 2021 por las autoridades (Crudo Transparente, s.f.).

En este sentido los funcionarios de las compañías de hidrocarburos precisan tener acceso a la información ambiental debidamente georreferenciada y actualizada para facilitar la toma de decisiones en el cumplimiento de la normativa para la restauración ecología de la infraestructura abandonada, considerando los tiempos pactados en los contratos establecidos y las licencias ambientales otorgadas.

Esto ha constituido un inconveniente para las compañías petroleras debido a que no cuentan con una aplicación web que provea información ambiental centralizada y actualizada donde se identifiquen las áreas de infraestructura abandonada y se reporte su estado actual de restauración con el fin de dar solución a esta necesidad.

La ausencia de un Geovisor Web implica retrasos en la toma de decisiones y planes de acción en la infraestructura abandonada al usar información geográfica desactualizada, fragmentada y aislada en diferentes formatos, aumentando la probabilidad de afectar de forma negativa el territorio sin realizar una compensación ecológica y ambiental de las áreas que fueron sujetas a intervenciones, dando a lugar incumplimientos y sanciones dispuestas por el ente regulador.

Una solución exitosa es implementar un Geovisor Web (EcoOil) que permita a los funcionarios encargados de las compañías identificar, gestionar y priorizar las plataformas abandonadas a partir de la visualización del cruce de información ambiental georreferenciada y actualizada con la respectiva información atributiva para dar cumplimiento en las responsabilidades adquiridas en el marco del licenciamiento ambiental, respetando los tiempos estipulados en cada uno de los contratos.

# Alcance

## Alcance Espacial

El proyecto tiene como objetivo administrar en una primera fase la información geográfica referente a las plataformas abandonadas de hidrocarburos localizadas en la cuenca sedimentaria de los llanos orientales colombianos, con información para el municipio de Puerto Gaitán ubicado en el departamento del Meta, con un enfoque en los contratos de hidrocarburos denominados como proyectos de interés nacional y estratégicos (PINE), "RUBIALES" y "CAÑO SUR".

## Alcance Temporal

El proyecto comprende un alcance temporal de la información comprendida desde el año 2016 hasta la actualidad, siempre y cuando cumpla con la estructura mínima establecida en el modelo de datos geográficos del ANLA en concordancia con la resolución 2182 de 2016.

## Alcance Técnico

El Geovisor se dispondrá como una herramienta mediante la cual los funcionarios de las compañías de hidrocarburos podrán acceder, consultar y visualizar información debidamente georreferenciada, la cual cuenta con una estructura de capas. Gestionando dicha visualización mediante funciones de acercar, alejar, desplazar la vista del mapa, activar y desactivar capas, posicionamiento geográfico y la posibilidad de cambiar el mapa base. Por otro lado, le permitirá al usuario consultar la información atributiva y descargarla en un reporte.

El Geovisor no tiene la capacidad de hacer consultas espaciales, no permite cargar información espacial y no cuenta con herramientas de medición o cálculos geográficos.

El funcionario podrá acceder a la información referente a licencias ambientales en los bloques, áreas, campos y yacimientos de exploración y producción donde se ubican plataformas abandonadas de hidrocarburos, con el fin de poder realizar un monitoreo a la restauración ecológica que se ha realizado en dichas zonas o en su defecto priorizar aquellas que requieren de acciones de restauración para el cumplimiento de la normativa, evitando incumplimientos en tiempos y términos de la licencia ambiental otorgada.

El Geovisor permitirá la posibilidad de ver anotaciones e información atributiva para cada capa y exportar o descargar la información mediante un reporte.

**Alcance Temático**

El Geovisor permitirá al usuario visualizar las capas de información geográfica referente a la infraestructura de hidrocarburos abandonada.

La toma de decisiones tendrá un enfoque en la identificación de los pozos de hidrocarburos abandonados o taponados y ver su relación con la infraestructura que los conecta tanto de tipo línea o polígono y su relación o repercusión con el territorio y los componentes ambientales. La información referente a hidrocarburos busca tener los campos mínimos de las capas de información del ANLA bajo la resolución 2182 de 2016 para un correcto relacionamiento más no sigue estrictamente la misma estructura.

## Justificación

Colombia es un país que se destaca por su excepcional diversidad ambiental, con un amplio capital natural que se extiende a lo largo del territorio nacional. Desde las exuberantes selvas amazónicas hasta las cordilleras de los Andes, el país alberga una riqueza natural impresionante. Sus múltiples ecosistemas, que incluyen manglares, páramos, bosques tropicales y costas caribeñas, hacen de Colombia un lugar con una biodiversidad única.

Además, cuenta con una variedad de recursos naturales con un alto potencial explotable de manera sostenible para el beneficio de sus habitantes y del mundo en general. Sin embargo, la degradación del entorno natural es evidente y está aumentando de manera acelerada debido a las conductas inadecuadas por parte de empresas como de la comunidad en su conjunto. Estas acciones están generando consecuencias que a corto, mediano y largo plazo podrían volverse irreparablemente perjudiciales.

Las empresas de hidrocarburos desempeñan un papel crucial al impactar directamente con sus operaciones a los recursos naturales. Con un enfoque de sostenibilidad, estas empresas tienen la oportunidad de aprovechar los recursos naturales de manera responsable, generando beneficios para las comunidades locales y contribuyendo al desarrollo del país en armonía con su entorno.

Con el fin de garantizar dichas conductas, en el año 2011, se crea la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), encargada de que los proyectos, obras o actividades sujetos de licenciamiento, permiso o trámite ambiental cumplan con la normativa ambiental, de tal manera que contribuyan al desarrollo sostenible del país (DAFP, 2011).

Es así como, las compañías deben cumplir con los planes, normas e imposiciones dispuestas por la ANLA en diferentes aspectos ambientales, dando prioridad a las actividades que incluyan la restauración ecológica de la infraestructura abandonada de hidrocarburos

compensando al territorio con el máximo aprovechamiento de los recursos naturales y la afectación mínima de los mismos, a favor de una preservación natural.

En la actualidad, se encuentran disponibles herramientas en línea de acceso público como geovisores proporcionados por la ANH y la ANLA que permiten la obtención, consulta y visualización de estos datos geoespaciales. Sin embargo, estas herramientas exhiben restricciones vinculadas a las características de la información atributiva, la manipulación y la actualización de la información en circunstancias específicas dentro del núcleo operativo del negocio.

En virtud de esto, resulta imperativo para las compañías implementar un Geovisor Web que permita a los funcionaros de las dependencias relacionadas con la gestión ambiental del territorio tener acceso a información técnica y cartográfica ambiental, georreferenciada y actualizada. Esta herramienta es esencial para cumplir con las responsabilidades asumidas en el ámbito ambiental y para tomar decisiones fundamentadas y coherentes, orientadas en la infraestructura petrolera abandonada, dando paso a ejecución de procesos en menor tiempo, disminución en la redundancia de información, disposición de datos de manera centralizada y optimización de costos de operabilidad. Este enfoque está en concordancia con las regulaciones establecidas en el marco del permiso ambiental concedido.

# Objetivos

## General

Implementar un Geovisor Web que permita identificar, evaluar, y priorizar las locaciones o plataformas inactivas de la industria de hidrocarburos con el fin de facilitar su restauración ecológica efectiva y sostenible.

## Específicos

Analizar y definir los requerimientos funcionales y no funcionales que suplan necesidades de los usuarios de acuerdo con las especificaciones del Geovisor Web.

Diseñar la arquitectura del Geovisor Web acorde a las especificaciones establecidas en los requerimientos.

Configurar y personalizar el Geovisor Web que contenga las funcionalidades planteadas en los requerimientos.

Evaluar la funcionalidad y usabilidad del Geovisor Web con el fin de identificar oportunidades de mejora en su implementación.

## Metodología

La implementación del Geovisor Web se basó en una metodología Scrum *(Ver Imagen 5)* que implico un ciclo de actividades de trabajo con una duración de 4 semanas por etapa, con 4 etapas de trabajo, sujeto a ajustes según la programación de entregas.

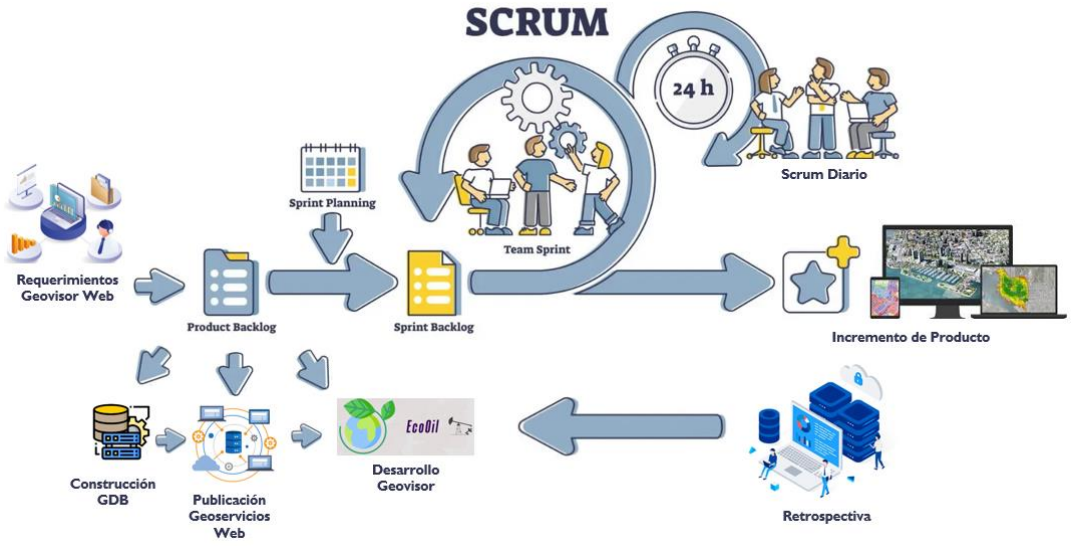



*Imagen 5. Fases de la Metodología*
*Fuente: Elaboración propia - Adaptación metodología SCRUM de Redação GS1 Brasil ,2021.*

En la primera fase, se realizó la modelación, estructuración y construcción de la base de datos geográfica del proyecto, mediante la entrada de información a través de secuencias de código en Python, con un énfasis en garantizar la consistencia lógica, topológica y de formato.

En la segunda etapa, se consolidó la información y se generó la GDB, configurándola de acuerdo con los datos almacenados y preparándolos para su futura publicación, como capas en un mapa de visualización que proveerá el Geovisor.

La última fase se centró en la configuración y personalización del Framework de diseño y visualización del Geovisor, utilizando una aplicación de mapas. El cliente web de servicios geográficos empleado en esta aplicación corresponde a ArcGIS Experience Builder,

desplegado en ArcGIS Online. Esta aplicación facilita la creación de aplicaciones 2D y 3D de manera intuitiva, sin necesidad de programación en sus fases iniciales, permitiendo el acceso a diversas funcionalidades a través de pestañas de flujos de trabajo, que incluyen tema, mapa o escena, widget y atributo.

**Fase de análisis**

El objetivo primordial radico en establecer una base sólida para el proyecto, dando inicio con la formulación precisa del problema, la clarificación de los objetivos a alcanzar, la evaluación meticulosa de la viabilidad del proyecto y una exhaustiva revisión bibliográfica para elegir la metodología de desarrollo de software más idónea. Simultáneamente, se llevó cabo un análisis detallado de la información cartográfica disponible, la definición minuciosa de los requisitos necesarios, y la identificación pormenorizada de la estructura fundamental del Geovisor, abarcando sus componentes, relaciones, y su distribución operativa. Este enfoque holístico garantizo una implementación efectiva y exitosa del proyecto.

**Fase Diseño**

En esta fase, el enfoque se dirigió hacia la obtención de un diseño integral para el aplicativo, abordando la arquitectura en sus aspectos lógicos, físicos y de hardware. La implementación de una interfaz gráfica eficiente se realiza través de prototipos digitales, incorporando un análisis detallado de los usuarios, respetando estándares de diseño y aplicando estrategias que incluyen estilos y metáforas. Además, se llevó a cabo la conceptualización y diseño de la base de datos espacial, definiendo tanto su estructura como su representación en un modelo de datos, y se procedió al diseño de los componentes del sistema, considerando su operación conjunta. Este enfoque integral se erige como un facilitador clave para la implementación coherente del aplicativo.

**Fase de implementación**

En sintonía con las fases cruciales del ciclo de vida del software, se planteó realizar actividades enfocadas en el desarrollo y la reutilización de componentes esenciales para la construcción del Geovisor. Estas tareas abarcaron desde la instalación y configuración de herramientas de software hasta la creación de la base de datos espacial y la publicación de datos en el servidor de mapas web.

La personalización de la interfaz gráfica en el entorno de trabajo, la codificación de funcionalidades y el alojamiento del prototipo en el servidor de aplicaciones complementaron este proceso. Luego, se verificó la conformidad con los requisitos iniciales y se avanzó con la configuración del software para generar las herramientas y opciones del aplicativo, destacando la implementación de la base de datos espacial en el sistema gestor con respaldo de datos del servidor web. Este ciclo concluyó con la configuración de las opciones y herramientas de la interfaz de usuario, logrando una personalización efectiva durante la fase de desarrollo.

**Fase de Evaluación**

Tras la creación e implementación del aplicativo, se inició una serie de validaciones destinadas a asegurar la funcionalidad, efectividad y eficiencia del Geovisor Web de acuerdo con los requisitos iniciales. Mediante diversas pruebas, se evalúo el desempeño del aplicativo, permitiendo ajustes o modificaciones en respuesta a las solicitudes de los usuarios para abordar posibles inconsistencias identificadas. Esta etapa se focalizó en garantizar la conformidad y optimización del Geovisor, ajustándolo a los estándares establecidos previamente.

# Resultados

## Fase de análisis

Mediante el levantamiento de requerimientos realizados se definió que el Geovisor sería una plataforma interactiva y accesible que permita identificar, gestionar y priorizar de manera clara y comprensible la información ambiental georreferenciada y actualizada de la infraestructura abandonada y su estado actual de restauración.

### *Requerimientos funcionales*

Los requerimientos funcionales son aquellas características o comportamientos del sistema que permiten dar solución a las necesidades de los usuarios mediante funcionalidades.

*Tabla 1. Requerimientos Funcionales*

| Ítem | Descripción |
|---|---|
| RF-01 | El Geovisor debe permitir la visualización de las capas de información geográfica. |
| RF-02 | El usuario debe poder volver a la vista inicial del mapa. |
| RF-03 | El usuario debe poder activar y desactivar las capas de información geográfica. |
| RF-04 | El usuario debe poder desplazar y personalizar el nivel de vista del mapa. |
| RF-05 | El usuario debe poder identificar las coordenadas geográficas en el mapa. |
| RF-06 | El usuario debe poder elegir el mapa base de referencia acorde a su interés. |
| RF-07 | El usuario debe poder consultar la información atributiva de las capas disponibles en el Geovisor. |
| RF-08 | El usuario debe poder descargar un reporte de la información atributiva consultada. |
| RF-09 | El usuario debe poder seleccionar y descargar las capas disponibles en el Geovisor. |
| RF-10 | El Geovisor debe generar el reporte de la información atributiva consultada con información mínima de: nombre de la infraestructura, numero de licencia ambiental y coordenadas geográficas, cuando la capa seleccionada es “Infraestructura”. |

*Fuente: Elaboración propia*

Para cumplir con los requerimientos descritos en la *Tabla 1*, se implementaron botones, widgets y menús configurables en el Geovisor buscando que la interfaz gráfica de

usuario sea personalizable y amigable en la interacción que tenga el usuario con la plataforma.

### *Requerimientos no funcionales*

Los requerimientos no funcionales se muestran en la *Tabla 2* y son aquellos que permiten dar criterios para la operación del Geovisor y las restricciones en su funcionalidad.

*Tabla 2. Requerimientos No Funcionales*

| Ítem | Descripción |
|---|---|
| 1. | **Producto** |
| 1.1 | ***Usabilidad*** |
| RNF-01 | El Geovisor debe ser adaptable a navegadores web. |
| RNF-02 | El Geovisor debe ser intuitivo, ágil y de fácil manejo. |
| RNF-03 | El Geovisor debe notificar acciones, errores y descargas. |
| RNF-04 | El Geovisor solo permite descargar información vectorial y atributiva. No permite cargar información. |
| RNF-05 | El Geovisor solo permite descargar la información atributiva en formato Excel. |
| 1.2 | ***Eficiencia*** |
| RNF-07 | El Geovisor debe ser tolerante a fallas. |
| RNF-08 | El Geovisor debe permitir el ingreso de varios usuarios, sin presentar fallas en las operaciones con concurrencia máxima de 50 usuarios en su primera fase de implementación. |
| 2 | ***Organizacional*** |
| RNF-09 | La arquitectura del Geovisor, componentes y funcionalidades se deben documentar y entregar para futuros procesos de mantenimiento, actualización o reutilización de la estructura. |
| RNF-10 | El Geovisor aporta al usuario un manual de ayuda en formato PDF para facilitar el uso y entendimiento de las herramientas, disponible en la documentación de la organización. |

*Fuente: Elaboración propia*

### *Reglas de Negocio*

El Geovisor Web está disponible para funcionarios de empresas de hidrocarburos y profesionales SIG que cuenten con credenciales de ArcGIS Online.

La información espacial almacenada en el Geovisor cuenta con una estructura mínima establecida para su correcto relacionamiento con información que se encuentre bajo el modelo de datos geográficos del ANLA en concordancia con la resolución 2182 de 2016.

La información almacenada en la GDB fue creada con el sistema de referencia espacial CTM12 y es desplegada en el Geovisor en el sistema de referencia espacial WGS84, consecuente a que es un sistema de referencia global, geocéntrico y que permite mayor interoperabilidad de la información dispuesta para consulta.

La información existente y futura para cargar en el Geovisor debe ser de carácter ambiental y oficial bajo los lineamientos existentes en los estudios de impacto, planes de manejo e informes de cumplimiento ambiental.

La información del Geovisor se actualizará semestralmente para verificar cambios acordes a las resoluciones y normatividad ambiental que sean emitidas en la posteridad.

***Actores del sistema***

En el sistema se tiene un único actor el cual es el usuario del Geovisor Web, que corresponde a los funcionarios de las compañías de hidrocarburos, quienes precisan visualizar, consultar y descargar información debidamente georreferenciada y actualizada para facilitar la toma de decisiones.

***Casos de uso***

Se identificaron 12 casos de uso para el desarrollo del Geovisor Web como se observa en la *Imagen 6,* en la cual hay un actor que es el usuario del Geovisor, 3 funcionalidades principales que son: Visualizar mapa, Consultar información atributiva y Seleccionar capa, las cuales heredan las demás funcionalidades relacionadas.

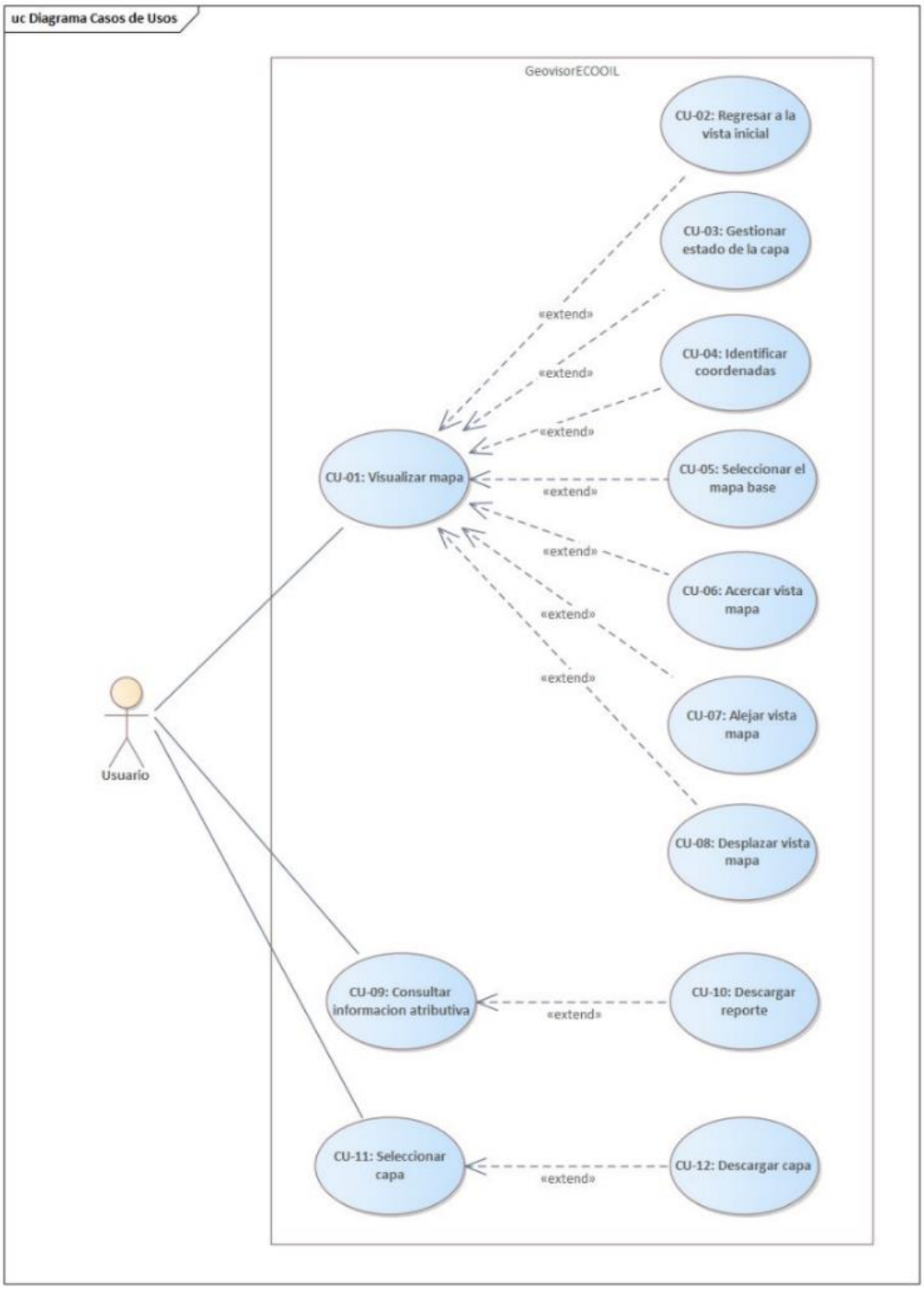



*Imagen 6.Diagrama de Casos de Uso*
*Fuente: Elaboración propia*

**Fase de diseño**

Para el diseño de los diferentes diagramas que describen la arquitectura de software del sistema del Geovisor EcoOil, se utilizó el software Enterprise Architect.

***Diagrama de Paquetes por Casos de Uso***

Al agrupar en paquetes los casos de uso que tienen cohesión, se buscó establecer el grado de afinidad entre los diferentes elementos, así mismo este diagrama se puede pensar como una estrategia para distribuir la información en una futura interfaz gráfica del sistema. Es así como en el Geovisor Web ECOIL se establecieron 3 paquetes con sus respectivos casos de uso.

En la *Imagen 7* se representa el paquete de visualización que relaciona los casos de uso que permiten visualizar la vista del mapa, el paquete de navegación con los casos de uso que le permiten al usuario interactuar con la vista del mapa y el paquete de consulta le permite al usuario consultar las capas y descargar información tanto atributiva como espacial.

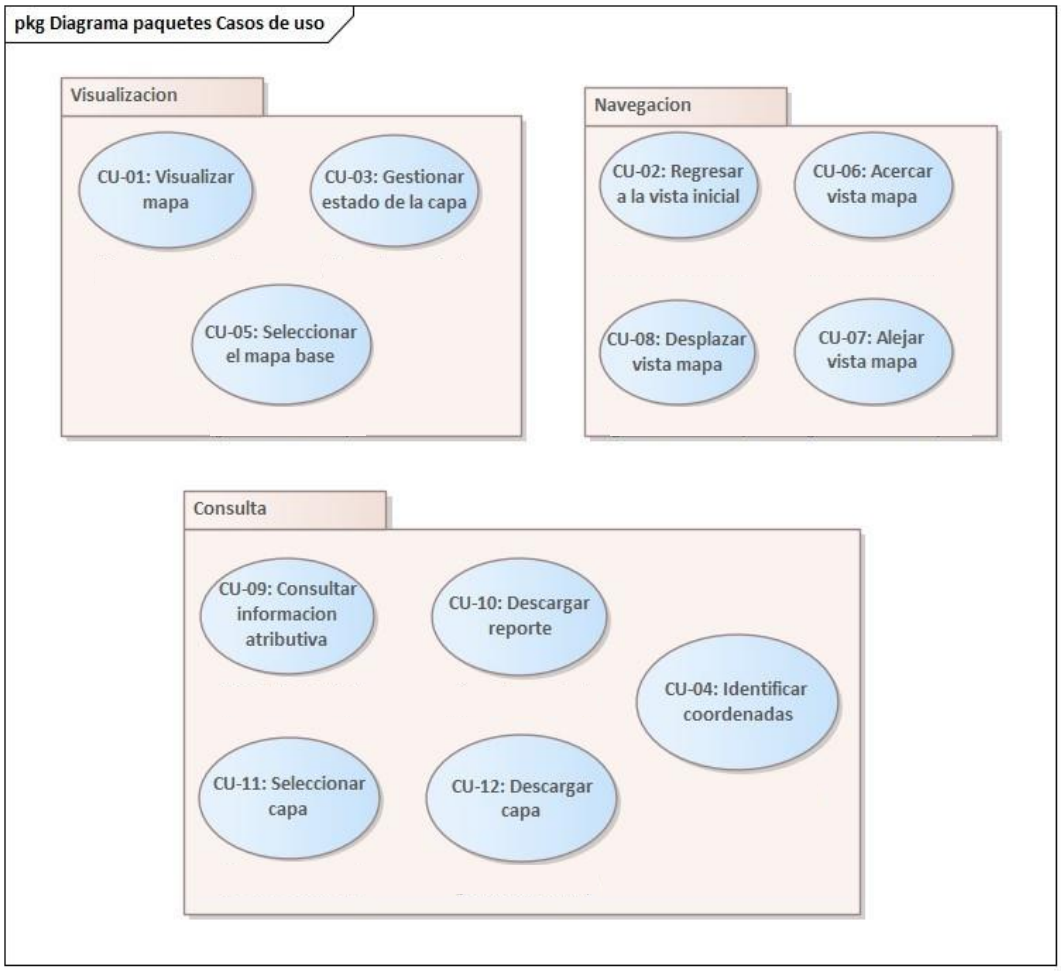



*Imagen 7.Diagrama de Paquetes por Casos de Uso*
*Fuente: Elaboración propia*

***Diagrama de Componentes***

El diagrama de componentes representado en la *Imagen 8* define la parte modular del sistema que encapsula su contenido y a la vez es reemplazable. Este factor de reemplazabilidad nos permitió aplicar o recurrir al principio de reutilización de componentes para tener una mayor productividad, mayor calidad, menor tiempo y costo.

Los datos fueron gestionados y cargados en ArcGIS Online a través de ArcGIS Pro, donde son consumidos mediante el componente ArcGIS Experience Builder, sobre el cual se construyó el Geovisor Web EcoOil, el cual da respuesta a las solicitudes de los usuarios realizadas por medio del Navegador Web.

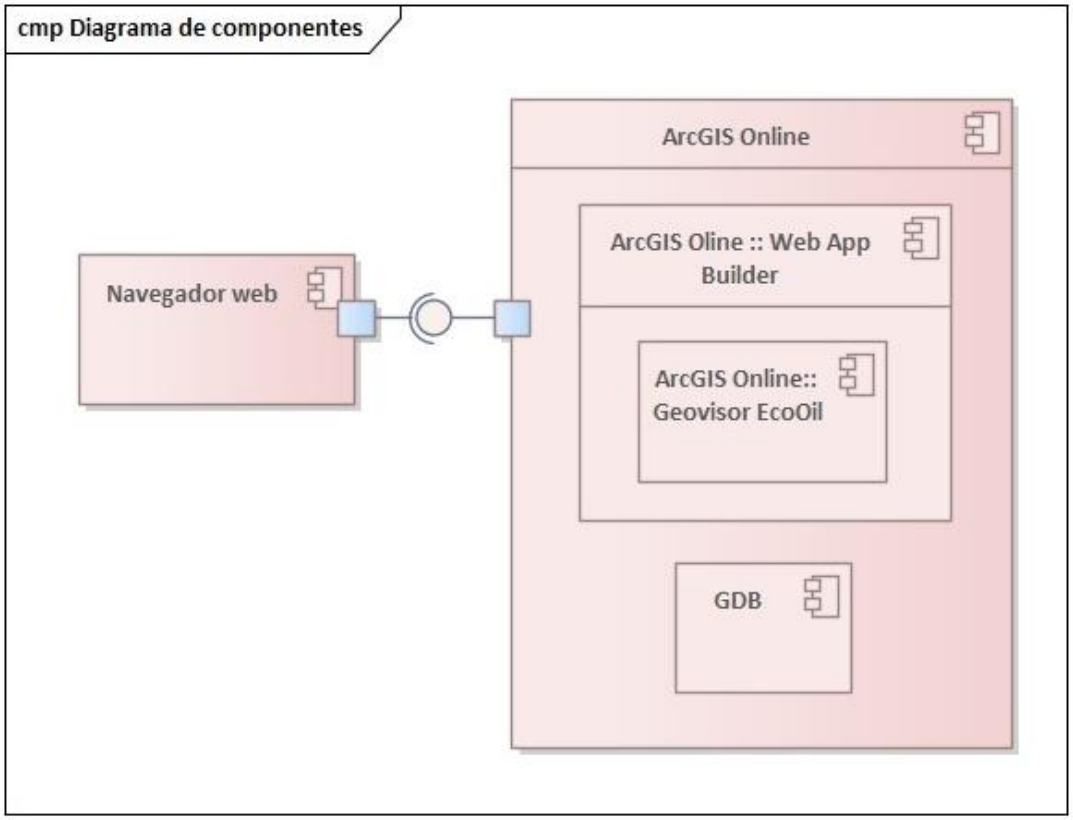



*Imagen 8.Diagrama de Componentes*
*Fuente: Elaboración propia*

***Diagrama de despliegue***

En la *Imagen 9* se observa como a partir de los nodos, dispositivos, entornos de ejecución, relaciones y artefactos, se describe los elementos de cómputo que definen la topología de red y conllevan a entender las manifestaciones y ejecutables del software.

Para este proyecto se construyó un diagrama distribuido físicamente en el entorno de implementación con dos nodos ArcGIS Online y ArcGIS Experience Builder que componen el funcionamiento del Geovisor y un nodo correspondiente al Cliente; dichos componentes y su relación permiten la gestión de la información y su posterior consumo. El servidor se conecta con el nodo de cliente quien tiene como artefacto fundamental el navegador web por donde se envían las solicitudes de interacción del usuario.

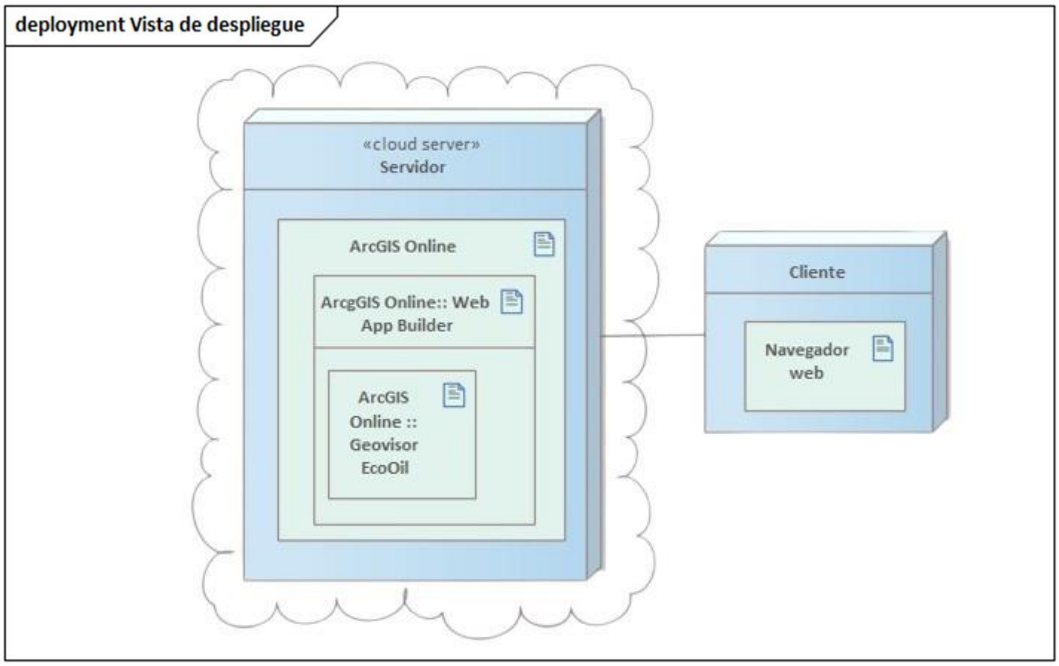



*Imagen 9.Diagrama de Despliegue*
*Fuente: Elaboración*

***Diseño de la Base de Datos Espacial***

**Modelo de Persistencia.** El modelo de persistencia que se muestra en la *Imagen 10* fue diseñado considerando el almacenamiento de datos del ANLA y un esquema de almacenamiento propio para la infraestructura de hidrocarburos como componente principal, esto permitió la correcta gestión y almacenamiento de los datos en este sistema a partir de la información atributiva definida y las relaciones existentes entre capas de información asegurando la estructura, integridad, rendimiento y mantenibilidad de los datos.

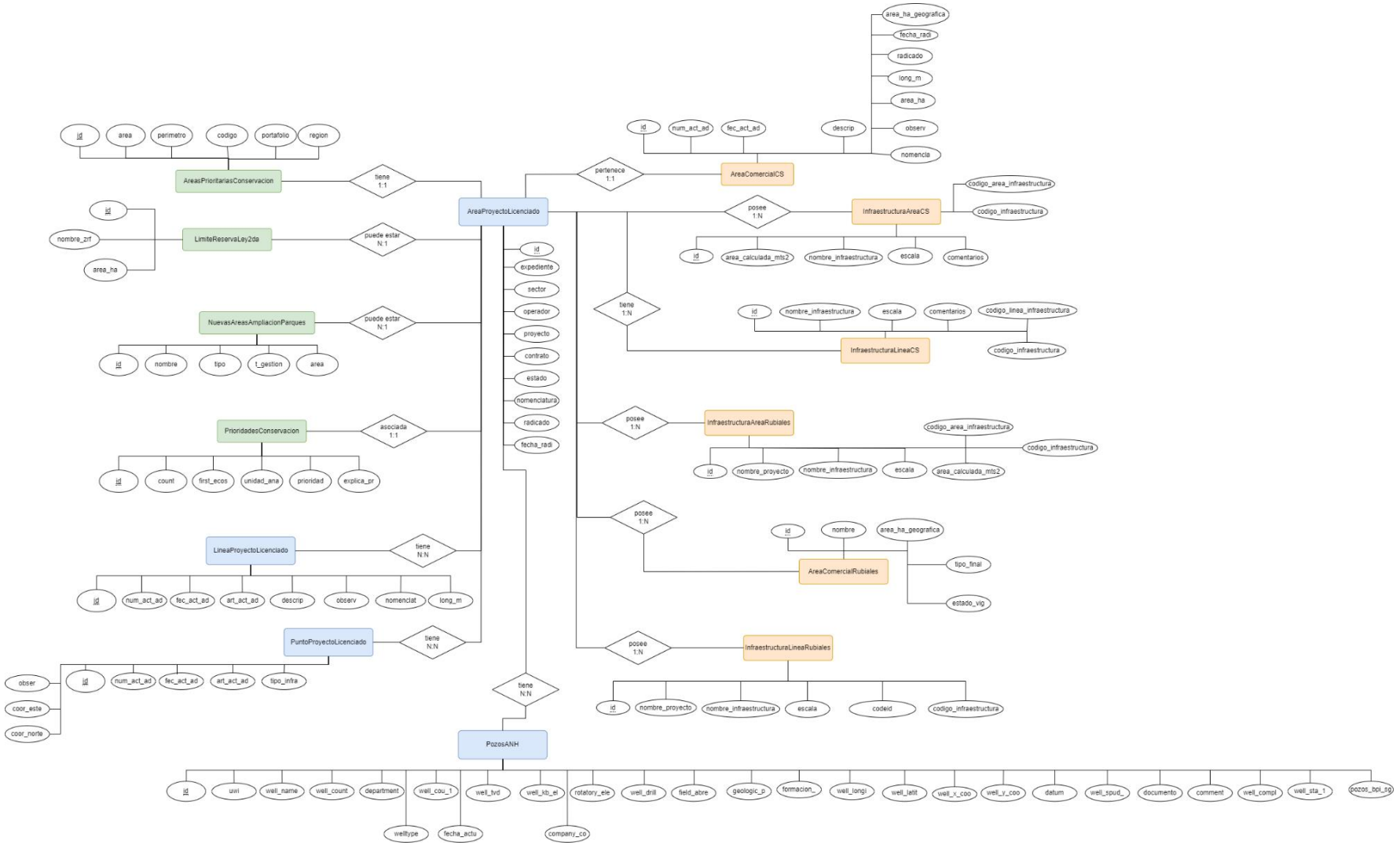
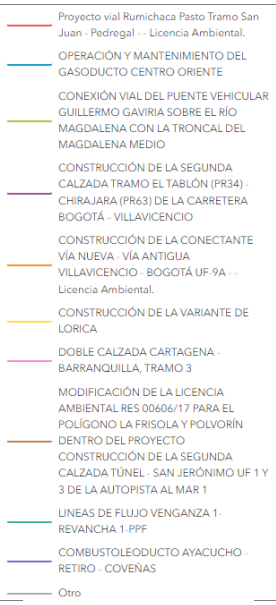
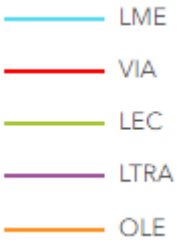



*Imagen 10 de persistencia EcoOil*
*Fuente: Elaboración propia*

**Recolección de Datos.** Para la implementación del Geovisor Web, se realizó la recolección de datos de diversas fuentes secundarias que producen información relacionada con la temática de interés de este proyecto, en la siguiente tabla se detallan:

*Tabla 3. Datos Recolectados*

| Nombre Capa | Formato | Fuente | Representación |
|---|---|---|---|
| PozosANH | Shapefile | ANH |  |
| PuntoProyectoLicenciado | Shapefile | ANLA |  |
| InfraestructuraLineaCS | Información alfanumérica | ANLA<br>ANH<br>EPIS |  |
| LineaProyectoLicenciado | Shapefile | ANLA |  |
| InfraestructuraLineaRubiales | Información alfanumérica | ANLA<br>ANH<br>EPIS |  |
| InfraestructuraAreaCS | Información alfanumérica | ANLA<br>ANH<br>EPIS |  |

| | | | |
|---|---|---|---|
| InfraestructuraAreaRubiales | Información alfanumérica | ANLA<br>ANH<br>EPIS |  |
| AreaComercialCS | Shapefile / información alfanumérica | ANH<br>ANLA |  |
| AreaComercialRubiales | Shapefile / información alfanumérica | ANH<br>ANLA |  |
| AreaProyectoLicenciado | Shapefile | ANLA |  |
| PrioridadesConservacion | Shapefile | ANLA |  |
| LimiteReservaLey2da | Shapefile | ANLA |  |
| AreasPrioritariasConservacion | Shapefile | ANLA |  |
| NuevasAreasAmpliacionesParques | Shapefile | ANLA |  |

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tratamiento y Depuración de los Datos.** El diseño de la estructura de almacenamiento se llevó a cabo sobre una Geodatabase de archivos (File GDB), iniciando con la búsqueda, recopilación, revisión y validación de información ambiental pertinente en los procesos de restauración ecológica y preservación ambiental con un alto impacto en los proyectos de la industria de hidrocarburos. Esta fase se centró en la consolidación de información directamente relacionada con la industria de hidrocarburos, teniendo como referencia principal la infraestructura presente en los campos petroleros de “RUBIALES” Y “CAÑO SUR”.

Una vez que se llevó a cabo la identificación precisa de la información, incluyendo el formato, la fuente y el proceso de extracción de los datos de interés, en concordancia con la estructura definida en la GDB y considerando la afinidad planteada en el proyecto para integrar información del ANLA conforme a la resolución 2182 de 2016, se procedió a realizar la ingesta de datos en la GDB. Este proceso implicó la inserción de los datos recolectados en la base de datos geoespacial.

Finalmente, se realizaron las validaciones necesarias para garantizar la consistencia topológica, detectar posibles duplicidades y verificar la integridad de los campos en busca de ausencia de datos. Estas validaciones fueron fundamentales para asegurar la calidad y fiabilidad de la información almacenada en la Geodatabase que aporta las capas al Geovisor, respaldando así la toma de decisiones conforme a la información dispuesta en la herramienta SIG web.

**Estructura de la Base de Datos Geográfica.** La información tiene un sistema de referencia espacial correspondiente a MAGNA CTM12 y está conformada por 2 data set de entidades: Ambiental e Hidrocarburos. Las capas geográficas que contiene son vectoriales y tienen geometrías de punto, línea y polígono.

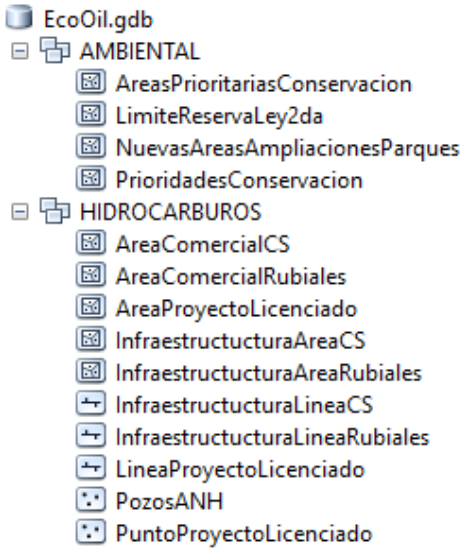



*Imagen 11.Estructura Base de Datos Geográfica EcoOil*
*Fuente: Elaboración propia.*

**Fase de implementación**

A partir de la definición de los datos y la GDB conformada con la información recolectada, se procedió a la creación del Geovisor Web haciendo uso del constructor ArcGIS Experience Builder que se encuentra dentro de la suite aplicaciones desplegadas en ArcGIS Online de Esri.

Se obtuvo como resultado el Geovisor Web EcoOil, el cual cumplió con los requerimientos funcionales, alcances y funcionalidades definidas en este proyecto.

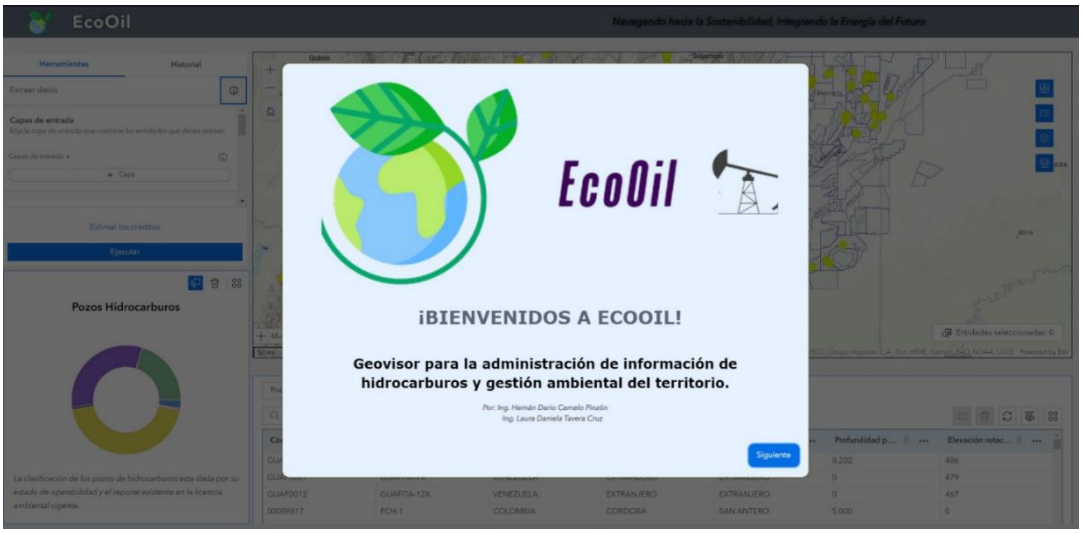



*Imagen 12. Despliegue de acceso Geovisor Web EcoOil*
*Fuente: Elaboración propia*

Al ingresar al Geovisor Web EcoOil se despliega una ventana emergente para iniciar sesión en ArcGIS Online, lo cual fue necesario para poder acceder a las funcionalidades de las herramientas del panel lateral izquierdo, las cuales funcionan como un Tool.

En la *Imagen 12* se muestra el Geovisor Web EcoOil el cual está compuesto por un panel lateral ubicado en el costado izquierdo en el cual se encuentran herramientas para extraer datos a partir de selección de entidades en una extensión y permite la exportación de las capas consultadas en formatos CSV, Shape, KML o Geodatabase de archivos (ZIP), debajo se encuentra un gráfico que muestra la clasificación de los pozos de hidrocarburos acorde a su estado de operabilidad y el reporte existente en la licencia ambiental.

En la parte central se encuentra la visualización del mapa en la cual se incluyeron herramientas para la gestión de capas, leyenda, nivel de zoom, cambio de mapa base y botón de impresión, adicionalmente está la herramienta de ubicar coordenadas en la parte inferior derecha del mapa y finalmente en la parte inferior se encuentra un panel en el cual se despliega la tabla de atributos para las diferentes capas que tiene el Geovisor Web. La *Imagen 13* muestra la información que se va cargando a medida que se aumenta el nivel de zoom.

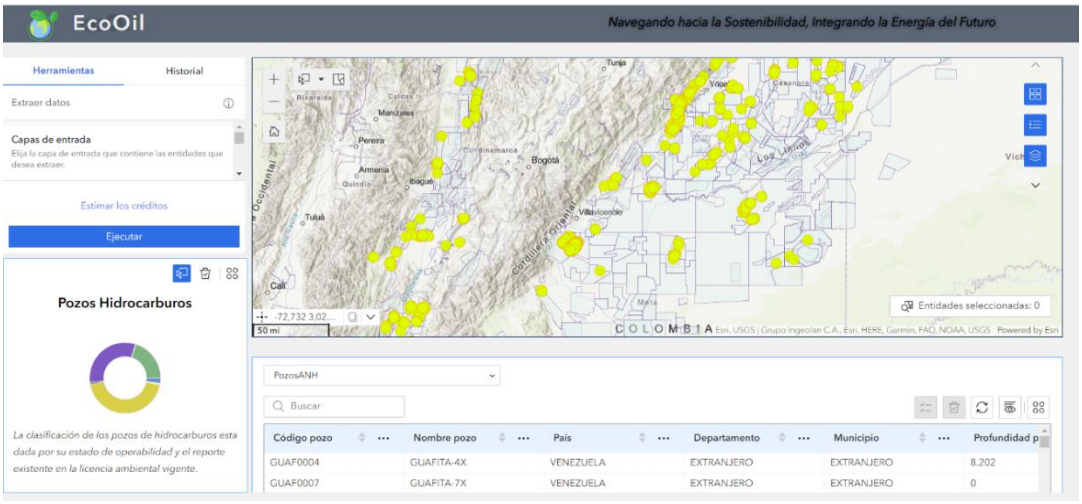



*Imagen 13.Visualización inicial Geovisor Web EcoOil*
*Fuente: Elaboración propia*

En la *Imagen 14* se observan las áreas correspondientes a los dos contratos de hidrocarburos denominados como proyectos de interés nacional y estrategicos "RUBIALES" y "CAÑO SUR los cuales fueron objeto de estudio de este proyecto:

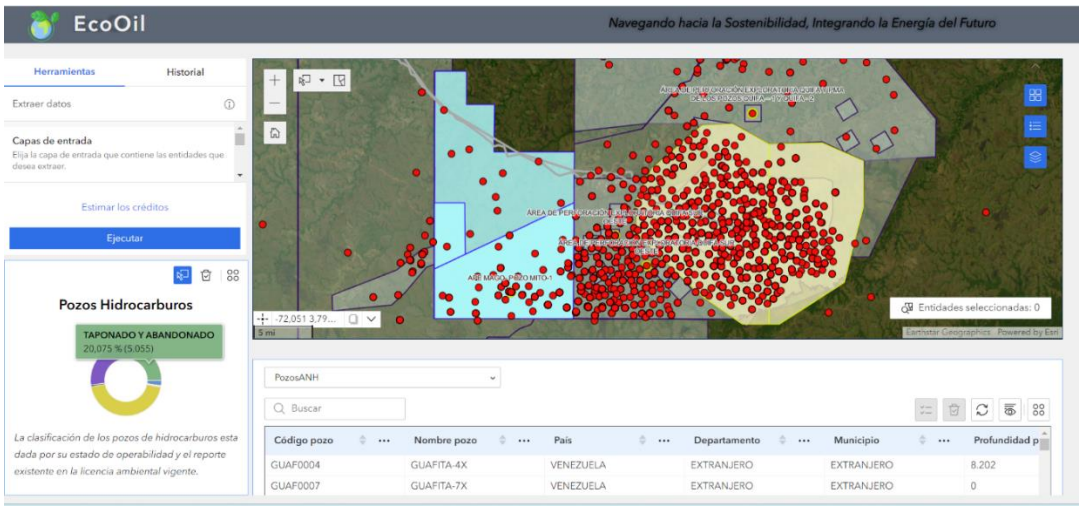



*Imagen 14.visualización de la información goegrafica*
*Fuente: Elaboración propia*

***Funcionalidades y Herramientas***

El Geovisor Web dispone para el usuario las siguientes herramientas a partir de un inicio de visualización en el mapa con el despliegue de información geográfica, las cuales son agrupadas acorde con el diagrama de paquetes de casos de uso (*Ver Imagen 7*):

*Tabla 4. Herramientas de Visualización*

| Icono | Herramienta | Descripción |
|---|---|---|
|  | Mapa base | Permite al usuario seleccionar un mapa base de la galería. |
|  | Leyenda | Permite visualizar los símbolos de las capas del mapa. |
|  | Capas del mapa | Permite al usuario gestionar el estado de las capas del mapa. |

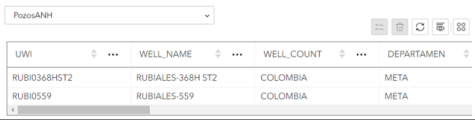
*Fuente: Elaboración propia*

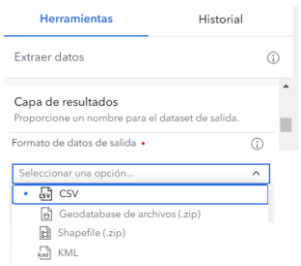
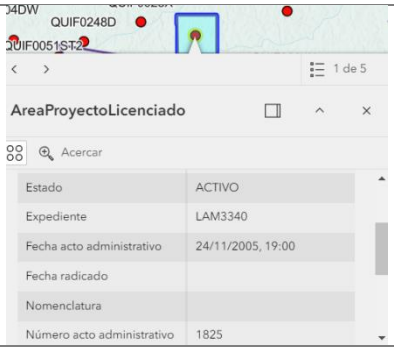
*Tabla 5. Herramientas de Navegacion*

| Icono | Herramienta | Descripción |
|---|---|---|
|  | Vista Inicial | Vista inicial establecida por defecto. |
|  | Acercar mapa | Permite a los usuarios expandir la vista del mapa para ver más detalle. |
|  | Alejar Mapa | Permite al usuario reducir la vista del mapa, para una visualización a lo lejos. |
|  | Desplazar vista Mapa | Permite al usuario desplazarse sobre el mapa, realizando un paneo. |

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 6. Herramientas de Consulta*

| Icono | Herramienta | Descripción |
|---|---|---|
|  | Consultar información Atributiva | Permite al usuario consultar la información atributiva de la capa desplegada en el mapa. |
|  | Búsqueda tabla de atributos | Permite al usuario hacer búsquedas de un lugar de interés desde la tabla de atributos. |
|  | Puntero | Permite consultar información atributiva sobre el mapa |
|  | Seleccionar capa en el mapa | Permite al usuario seleccionar información de una capa sobre el mapa. |
|  | Borrar selección de la capa en el mapa | Permite al usuario borrar la selección de información de una capa sobre el mapa. |
|  | Descargar reporte | Permite al usuario descargar un reporte en formato PDF de la |

| | | |
|---|---|---|
| | | visualización del mapa y la información consultada. |
|  | Identificar Coordenadas | Permite al usuario identificar las coordenadas de un punto de interés y copiarlas. |
|  | Seleccionar capa | Permite al usuario hacer la selección de una capa de interés que será la entrada para realizar la búsqueda y visualizarla en el mapa. |
|  | Descargar capa | Permite al usuario realizar la descarga de la capa resultante de la consulta realizada, este tiene la posibilidad de descargar en formato CSV, Shapefile, KML o como una Geodatabase de Archivos. |
|  | Gráfico de estado de operabilidad de los pozos de hidrocarburos | Permite al usuario observar de manera interactiva el estado de operabilidad de los pozos de hidrocarburos dado por el reporte existente en la licencia ambiental vigente. |
|  | Ventana emergente | Permite al usuario conocer la información atributiva de un punto de interés seleccionado en el mapa, dicha información se presenta en un cuadro de resumen en la ventana emergente. |

*Fuente: Elaboración propia*

**Fase de evaluación**

Para la evaluación del Geovisor Web EcoOil, inicialmente se realizaron pruebas evaluando cada uno los componentes y el adecuado funcionamiento de las herramientas, haciendo una verificación acorde a los requerimientos iniciales y el alcance propuesto.

Krug (2006), indica que la usabilidad web está estrechamente relacionada con las necesidades y las condiciones específicas de un usuario y lo establecido en el estándar ISO-9126:2001 donde se indica que “cualquier componente de la calidad del software puede ser descrito en términos de una o más de las siete características básicas: funcionalidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad, portabilidad y satisfacción; cada una de ellas se detalla a través de un conjunto de sub características permiten profundizar en la evaluación de la calidad de productos de software” (Verity, 2022).

En concordancia con lo anterior se realizó una encuesta en formato digital, en la cual se tuvieron en cuenta las características de evaluación del estándar ISO-9126:2001, se realizó una selección de usuarios teniendo en cuenta 2 perfiles que pueden beneficiarse del uso de la herramienta.

*Usuario Tipo 1:* 3 usuarios cuyo perfil está enfocado en trabajar con información relacionada con la industria de los hidrocarburos sin que sea necesariamente un usuario experto en SIG.

*Usuario Tipo 2:* 4 usuarios cuyo perfil es de un profesional que realiza actividades relacionadas con información geográfica sin que necesariamente esté relacionado con la industria de los hidrocarburos.

La elección de la muestra se realizó teniendo en cuenta que el perfil tipo 1 corresponde a los usuarios de las empresas para quienes fue diseñado el Geovisor, acorde con el levantamiento de requerimientos, en empresas del Core del negocio de hidrocarburos las personas que se encargan de la verificación de la información relacionada con infraestructura, normatividad y temas SIG oscilan en promedio entre 2 y 3 personas, por lo cual, se decidió hacer la evaluación con 3 funcionarios.

Para el perfil 2 se seleccionaron 4 usuarios que podrían llegar a ser usuarios potenciales del Geovisor, pero que no se encuentran estrechamente relacionados con el tema de hidrocarburos, esto con el fin de poder observar las percepciones de 2 tipos de usuarios y validar la usabilidad pensada inicialmente en los usuarios tipo 1, tomando en general una muestra de 7 usuarios en total.

La encuesta aplicada tiene una escala de calificación de 1 a 5, donde se tuvieron como criterios de evaluación aspectos de visualización, consulta de información atributiva, selección, descarga de capas y características generales del Geovisor Web. Dichos aspectos se especificaron *(Ver Tabla 7)* de tal modo que todos los usuarios abordaran los criterios de evaluación bajo la misma percepción.

*Tabla 7. Caracteristicas criterios de evaluación*

| | | |
|---|---|---|
| **Visualizar información** | Agradable | Experiencia positiva al observar la información en el Geovisor, destacando la estética y el diseño visual. |
| | Gestionable | Facilidad con que el usuario puede manejar y controlar la presentación de información en el Geovisor. |
| | Percepción | Claridad y comprensión de la información geográfica y atributiva presentada en el Geovisor. |
| **Consultar información atributiva** | Botón de búsqueda | Simplicidad del uso del botón para acceder rápidamente a información atributiva especifica. |
| | Herramientas | Disponibilidad y utilidad de herramientas para la consulta de información atributiva. |
| **Selección y descarga** | Efectividad | Capacidad del Geovisor para permitir al usuario seleccionar y descargar capas de manera correcta y sencilla. |
| | Viabilidad | Practicidad y posibilidad de llevar a cabo la selección y descarga de capas, considerando la utilidad y pertinencia de la información. |
| **Generalidades** | Accesibilidad | Facilidad con que el usuario puede acceder y utilizar el Geovisor, asegurando que esté disponible y usable. |
| | Eficiencia | Capacidad del geovisor para proveer un desempeño apropiado acorde a los recursos utilizados y bajo las condiciones establecidas. |
| | Coherencia | Consistencia en la presentación y desempeño del Geovisor, garantizando una buena experiencia para |

| | |
|---|---|
| | el usuario. |
| Intuitividad | Suficiencia del Geovisor para ser comprendido y utilizado de manera instintiva. |
| Atractividad | Cualidad del Geovisor para captar el interés del usuario, haciéndolo agradable al uso. |

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 8. Criterios de calificación*

| Criterio de Calificación | Puntuación |
|---|---|
| Excelente | 5 |
| Buena | 4 |
| Aceptable | 3 |
| Podría Mejorar | 2 |
| Deficiente | 1 |

*Fuente: Elaboración propia*

A continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos en la encuesta de evaluación del Geovisor Web. La *Tabla 9* detalla el procesamiento de los datos, desglosando los resultados según el tipo de usuario, los criterios de evaluación y los aspectos específicos considerados para cada criterio. Además, se incluye la puntuación asignada por los usuarios a cada uno de los aspectos evaluados, proporcionando así una visión integral de la percepción y valoración de los usuarios respecto al desempeño del Geovisor Web.

*Tabla 9. Resultados obtenidos en la evaluacion*

| | | Visualizar información | | | Consultar información atributiva | | Selección y descarga | | Generalidades | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuario | Tipo | Agradable | Gestionable | Percepción | Botón de búsqueda | Herramientas | Efectividad | Viabilidad | Accesibilidad | Eficiencia | Coherencia | Intuitividad | Atractividad |
| Usuario1 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Usuario2 | 2 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| Usuario3 | 2 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Usuario4 | 2 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 |
| Usuario5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Usuario6 | 1 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| Usuario7 | 1 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 |

*Fuente: Elaboración propia*

De la evaluación se obtuvieron resultados positivos en la primera experiencia de los usuarios al interactuar con el geovisor, evidenciado *(Ver imagen 15)* con puntuaciones que superan en todo aspecto la calificación de 3 puntos (Aceptable).

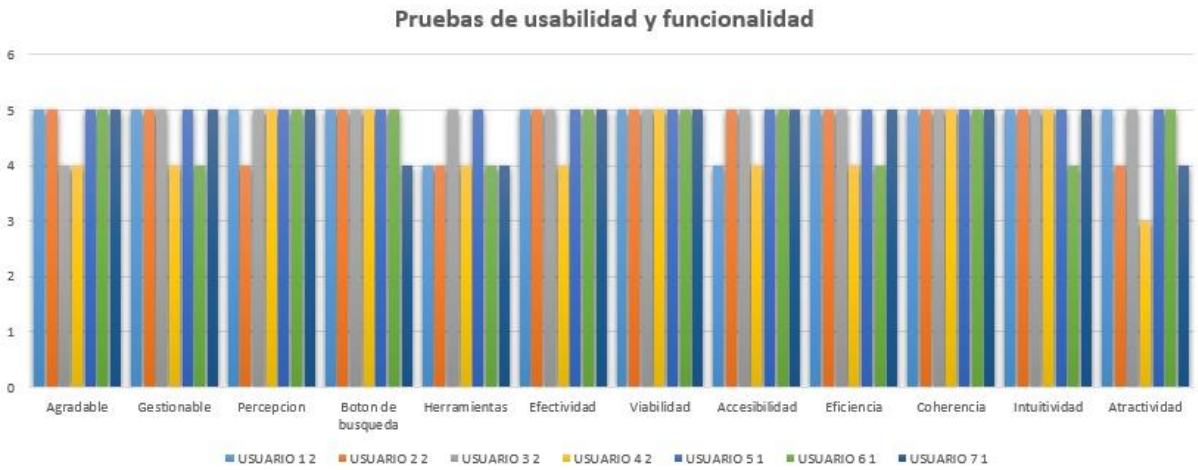



*Imagen 15. Resultados Pruebas de Usabilidad y Funcionalidad*
*Fuente: Elaboración propia*

La percepción en general de los 2 tipos de usuarios fue buena, como se observa en las puntuaciones promedio presentadas en la *Imagen 16* , cabe destacar que para los usuarios tipo 1 las puntuaciones fueron más altas conforme a la retroalimentación dada por los mismos, donde manifestaron que la herramienta es fácil de usar , intuitiva, coherente y de gran utilidad; se dedujo que estos resultados están dados ya que los usuarios tipo 1 tienen conocimientos relacionados con la información de hidrocarburos y la información ambiental asociada. Por consiguiente, encuentran el Geovisor Web como una herramienta fundamental que facilita sus labores diarias y la toma de decisiones.

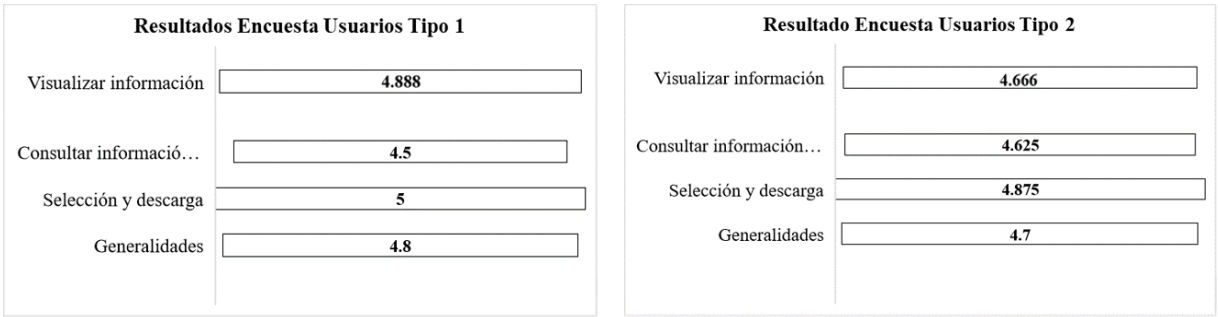



*Imagen 16. Resultados de los Usuarios*
*Fuente: Elaboración propia*

## Conclusiones

La adecuada definición de los requerimientos proporciona una base sólida para el desarrollo del proyecto, la identificación y documentación de los requisitos clave del Geovisor Web, tanto en términos de funcionalidad como de requisitos no funcionales. Este proceso es esencial para garantizar que el Geovisor satisfaga de manera efectiva las necesidades de los usuarios y cumpla con las especificaciones establecidas.

El diseño de la arquitectura del Geovisor es fundamental para garantizar que el sistema esté estructurado de manera coherente y eficiente, asegurando que los requerimientos y especificaciones previamente establecidos se suplan, asegurando que el Geovisor sea capaz de gestionar y mostrar información georreferenciada de las plataformas abandonadas en la industria de hidrocarburos de manera efectiva.

La metodología Scrum proporciona con un enfoque ágil para el desarrollo del Geovisor; su aplicación ha facilitado la construcción de una base de datos geográfica sólida, la creación de Geoservicios web y la implementación de herramientas planteadas en los requerimientos. Utilizar esta metodología ha permitido la finalización del Geovisor Web dentro del tiempo estimado de 4 meses para un proyecto de pequeña escala como el que se ha desarrollado, teniendo avances significativos acorde a cada sprint planteado. El resultado final es la exitosa creación y visualización del Geovisor Web EcoOil a través de ArcGIS Experience Builder.

El Geovisor Web EcoOil generado puede ser utilizado para la visualización, navegación y consulta de información de información ambiental georreferenciada y actualizada, junto con datos atributivos referente a las plataformas abandonadas en la industria de hidrocarburos, constituyéndose como una herramienta que da solución a la necesidad de tener acceso a la información ambiental debidamente georreferenciada y

actualizada para facilitar la toma de decisiones en el cumplimiento de la normativa para la restauración ecología de la infraestructura abandonada.

El Geovisor Web en su primera fase tuvo una valoración positiva por parte de los usuarios en la evaluación de usabilidad y funcionalidad, se identificó como oportunidad de mejora incluir un nuevo widget que permita ver en otra ventana la tabla de atributos, adicionalmente la inclusión de recorrido guiado inicial para el usuario, en el cual se muestren todos los componentes del Geovisor con una descripción puntual, para que él pueda identificar todas las funcionalidades inicialmente, sin la necesidad de explorarlas.

**Referencias**

ANH. (2019). Agencia Nacional de Hidrocarburos. Obtenido de https://www.anh.gov.co/laanh/Paginas/Mision-y-Vision.aspx

ANLA. (s.f.). Licencia ambiental. Recuperado 03 de octubre de 2023, de https://www.anla.gov.co/01_anla/tramites-y-servicios/servicios/licencia-ambiental

Bellinza, M. (2011). Gestión del conocimiento: aproximaciones teóricas. Dialnet. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5114804

Brasil, R. G. (2021, 30 septiembre). Scrum: Veja como usar essa abordagem ágil nos negócios. GS1 Brasil. https://noticias.gs1br.org/scrum-veja-como-usar-abordagem-nos-negocios/

CONPES 3585. (2009). Consolidación de la política nacional de información geográfica y la infraestructura colombiana de datos espaciales – ICDE. Obtenido de https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/CONPES/Econ%C3%B3micos/3585.pdf

CREG – Gestor normativo (s. f.). Alejandría - Resolución 40230 de 2022 MME. © Avance Jurídico Casa Editorial Ltda., Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG. https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_minminas_40230_2022.htm

Cruz Hincapié, A. C. (2020). GEOVEX: visor geográfico para la disposición, consulta y visualización de información generada en la exploración perforatoria de hidrocarburos en Colombia. Recuperado de: http://hdl.handle.net/11349/25683.

DAFP. (27 de 09 de 2011). Decreto número 3573 de 2011. Bogotá, Colombia.

Domínguez Palacios, D., & Gómez Jaramillo, H. D. (2016). Implementación de un geovisor de mapas para la visualización e identificación de amenaza por movimiento de masa e inundación, prueba piloto del barrio Trece de noviembre en el municipio de Medellín. Manizales, Colombia. Universidad de Manizales facultad de Ciencias e Ingeniería Especialización en Sistemas de Información Geográfica. https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/2632

ICDE. (2017). Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales. Obtenido de http://www.icde.org.co/noticias/Disponible_la_informacion_geoespacial_de_Hidrocarburos_en_Colombia

Krug, S. (2006). No me hagas pensar. Una aproximación a la usabilidad en la Web. Prentice hall.

MULTAS A ORGANIZACIONES QUE INCUMPLEN CON EL MEDIO AMBIENTE Y LO ÚLTIMO EN EL SECTOR PETROLERO – Crudo Transparente. (s/f). Crudotransparente.com. Recuperado el 3 de noviembre de 2023, de

https://crudotransparente.com/2021/09/21/multas-a-organizaciones-que-incumplen-con-el-medio-ambiente-y-lo-ultimo-en-el-sector-petrolero/

Multas por daños ambientales contra petroleras que operan en la Amazonía peruana y la Orinoquía colombiana suman 55 millones de dólares en 282 procesos. (2022, abril 19). Noticias ambientales. https://es.mongabay.com/2022/04/multas-por-danos-ambientales-contra-petroleras-que-operan-en-la-amazonia-peruana-y-la-orinoquia-colombiana/

Ordenamiento Ambiental Territorial y Sistema Nacional Ambiental - SINA - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022b, marzo 9). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.minambiente.gov.co/ordenamiento-ambiental-territorial-y-sistema-nacional-ambiental-sina/#tag-siac

PINES. (s/f). Gov.co. Recuperado el 3 de noviembre de 2023, de https://www.eiticolombia.gov.co/es/informes-eiti/informe-2016/marco-institucional/pines/

Ponjuán Dante, G., (2011). La gestión de información y sus modelos representativos. Valoraciones. Ciencias de la Información, 42(2), 11-17.

Vargas Velásquez, G. G. & Sandoval Rojas, A. C. (2019). Construcción de un visor cartográfico para la administración de información técnica georreferenciada y el seguimiento contractual de activos en exploración y producción de hidrocarburos. Recuperado de: http://hdl.handle.net/11349/16288.

Vega García, M. G. (2021). Desarrollo de un visor geográfico web para la gestión de información generada en el marco del licenciamiento y seguimiento ambiental en Colombia. Recuperado de: http://hdl.handle.net/11349/28807.

Verity. (2022, julio 29). La ISO/IEC 9126: 2001: Características de la calidad de software - Verity. Verity - Servicios y soluciones innovadoras en el ámbito de las tecnologías de información. https://www.verity.cl/que-es-norma-iso-iec-9126-2001/

Woodman L. (1985) Information management in large organizations. En: Information management from strategies to action. London: ASLIB.