

**GeoSM: Visor Geográfico para la presentación de las modelaciones de los
yacimientos geológicos de Arcillas y Caolines de la empresa SUMICOL S.A.S**

Autores:

Johann Eliecer Álvarez Pérez

Laura Victoria Mancipe Huérfano

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

Director

Salomón Ramírez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Bogotá D.C., Colombia

Mayo, 2018

Tabla de Contenido

1	Problema	2
2	Justificación	4
3	Alcance	6
3.1	Alcance Espacial.....	6
3.2	Alcance Temático.....	6
3.3	Alcance Técnico	6
4	Objetivos.....	7
4.1	Objetivo general	7
4.2	Objetivos específicos.....	7
5	Estado del Arte.....	8
5.1	Antecedentes.....	8
5.2	Marco Teórico	9
6	Metodología.....	12
7	Resultados.....	14
7.1	Fase de Planeación Inicial	14
7.1.1	Levantamiento de Requerimientos.....	14
7.1.2	Análisis de Requerimientos.....	14
7.2	Fase de diseño.....	16
7.3	Fase de Implementación	20
7.4	Evaluación del producto	23
8	Conclusiones.....	26
9	Referencias.....	27

Lista de Figuras

Figura 1. Metodología para el desarrollo e implementación del geovisor.	12
Figura 2. Diagrama de casos de uso.....	15
Figura 3. Diagrama de componentes.....	16
Figura 4. Diagrama de despliegue.....	17
Figura 5. Diagrama de persistencia.....	19
Figura 6. Vista Login visor GeoSM.....	21
Figura 7. Vista visor GeoSM	22

Lista de Tablas

Tabla 1. Criterio de evaluación empleado.....	23
Tabla 2. Resultado evaluación del visor GeoSM	24

Introducción

El presente documento detalla la implementación del visor geográfico GeoSM, el cual nace de la necesidad de la empresa SUMICOL S.A.S de disponer de forma organizada y de fácil acceso la información referente a los yacimientos de arcilla, caolín cerámico y caolín pintura para las fincas de interés del municipio de la Unión, Antioquia.

Primero, se expone la identificación del problema y las razones por las que la implementación del visor resuelve las falencias relacionadas con la adecuada gestión de la información geográfica en la empresa. Asimismo, se presenta el alcance del proyecto y la metodología llevada a cabo durante su desarrollo e implementación.

En el capítulo de resultados se encuentra de forma puntual el levantamiento de requerimientos, los cuales fueron identificados con el representante de la empresa, así como el análisis de los mismos para la determinación de las funcionalidades a ser integradas en el visor geográfico. Posteriormente, se especifican los componentes y ambientes de desarrollo necesarios para la construcción del visor.

Adicional a lo anterior, en el capítulo de resultados se describe el modelo conceptual entidad-relación, mediante el cual se estructuraron y almacenaron los datos geográficos (suministrados por la empresa) en el gestor de base de datos. Además, se realiza una breve reseña se la secuencia de actividades ejecutadas para el procesamiento, almacenamiento y despliegue de la información en el visor GeoSM.

Por otra parte, en el capítulo de validación, se dispone el diagnóstico de evaluación de la herramienta creada, con el fin de identificar las posibles falencias asociadas a su usabilidad. Por último, el capítulo de conclusiones reúne los aspectos más relevantes en la implementación de la herramienta, como mecanismo de solución del problema planteado.

1 Problema

SUMICOL S.A.S es una empresa dedicada a la transformación de minerales industriales con el fin de darles un valor agregado. Sus actividades se encuentran enfocadas a la prospección, exploración y explotación de los materiales utilizados para la elaboración de los productos ofrecidos en su portafolio. A lo largo de los 3 últimos años, las áreas de minería y de investigaciones geológicas de la empresa han identificado diferencias importantes entre la información suministrada por el geólogo de modelación y lo encontrado en campo por los ingenieros de minas, encargados de la explotación minera (arcilla y caolín). La verificación de la información empleada en las modelaciones geológicas cobra especial importancia pues permite encontrar las causas que generan dichas diferencias, por lo que la solicitud y búsqueda de la documentación por parte del funcionario se torna un proceso engorroso y tardío.

Como consecuencia del problema, los ingenieros de minas, coordinadores de las diferentes zonas de explotación de la empresa, se ven constantemente afectados en la ejecución de los cronogramas establecidos para el cumplimiento de las obras mineras, las cuales son el pilar principal en toda la cadena de producción de los artículos elaborados por el Grupo CORONA. Adicionalmente, la imposibilidad de validar la información en campo ocasiona que las funciones del ingeniero se entorpezcan y éste tenga que desplazarse a la compañía para identificar qué yacimiento cumple las especificaciones del material dadas por el cliente, corroborando parámetros tales como el espesor, en las hojas de perforación, y las propiedades físicas y químicas del material, en los informes de laboratorio. Por otra parte, el retraso generado en el desarrollo de la etapa de explotación provoca que la confiabilidad de la empresa disminuya y sus ventas se vean afectadas.

Dentro de los antecedentes registrados, se halla el caso ocurrido en el yacimiento La Palma, localizado en el municipio de La Unión Antioquia (año 2017). Allí, los expertos esperaban explotar 10000 toneladas de la reserva (en el bloque de explotación número 31) y encontrar un

Casting rate – CR entre 4.0 y 4.8 para dar cumplimiento a las especificaciones entregadas por el cliente. El ingeniero de minas al realizar la explotación, con base en los mapas de calidad generados a partir de la modelación geológica, encontró inconsistencias en el incumplimiento del CR requerido. Luego de la investigación pertinente, se identificó la existencia de un error de digitación en una de las muestras (210) de la perforación 143, a la cual se le asignó un CR de 53 y no de 5.3 (valor real), ocasionando que al bloque 31 le correspondiera un CR final de 3.54. Lo anterior acarrió consecuencias negativas a la empresa SUMICOL S.A.S, pues al no darse la rápida validación de la información fueron generados retrasos en la entrega del material al cliente.

A partir del análisis efectuado por parte de los jefes y coordinadores de las áreas involucradas, se concluyó que existe la necesidad de disponer públicamente la información, para que los usuarios implicados en los proyectos de geología y minería tengan la posibilidad de realizar consultas cuando lo requieran, dando solución a los retrasos identificados y disminuyendo los gastos asociados. Por tanto, el desarrollo de un geovisor puede ser el mecanismo de solución al problema que se presenta actualmente en la empresa, puesto que éste integra la información solicitada.

2 Justificación

En el caso de la empresa SUMICOL S.A.S, el diseño e implementación de un geovisor en la web, permite que los actores involucrados en la etapa de explotación de los yacimientos de arcilla y caolín dispongan de la información recolectada en las fases de prospección y exploración. Adicionalmente, el geovisor al contar con funcionalidades específicas, posibilita que los empleados visualicen tanto la información litológica del área de estudio, como las redes de perforación y el límite predial.

La elección de este tipo de herramientas radica en la importancia que representa para el usuario (Ingeniero de minas) la interpretación, análisis y validación de la información levantada en campo, previa a las explotaciones mineras. En este sentido, el acceso rápido y efectivo a la información, evita ejecutar procesos largos de solicitud y búsqueda en el repositorio de la organización, generando mejoras sustanciales en las condiciones laborales, el cumplimiento de los tiempos de ejecución planeados, la optimización de respuesta a imprevistos e inconvenientes, la disminución del riesgo en procesos críticos y la reducción de desplazamientos a las instalaciones físicas de la empresa y de costos asociados.

La representación gráfica de la información por medio del visor geográfico ofrece funcionalidades que permiten al usuario la interacción con el sistema a través de una interfaz sencilla e intuitiva. En ese orden de ideas, la herramienta brinda soporte a los usuarios de la empresa SUMICOL S.A.S, para atacar de manera directa y efectiva las falencias relacionadas con el material a explotar, ya que tendrán la capacidad de navegar geográficamente y localizar yacimientos adyacentes, cuyo material cumpla los estándares requeridos. Además, es importante destacar que dichas funcionalidades conceden al usuario la posibilidad de realizar una inspección preliminar de las áreas de interés, por medio de las opciones de visualización (acercar, alejar, desplazar, etc.), ubicación de coordenadas, consulta de las capas geográficas e identificación de atributos asociados a las perforaciones efectuadas.

Asimismo, la implementación del visor geográfico fomenta el análisis espacial por parte del usuario, pues le brinda los medios necesarios para efectuar la búsqueda de prospectos con respecto a los títulos mineros. Lo anterior, con el fin de adquirir material en títulos con explotación activa, no solo teniendo en cuenta aspectos clave como la disponibilidad de la infraestructura vial (que garantiza la accesibilidad de los automotores encargados de recoger el material), sino también las distancias que hay entre las canteras y las plantas de procesamiento, puesto que dichas variables influyen directamente en el monto que la empresa debe pagar por el transporte del material.

Por último, la implementación del Geovisor impacta positivamente tanto en el mantenimiento de la reputación de la empresa, obtenida a través de los múltiples reconocimientos por la gestión responsable de sus operaciones mineras, como en las relaciones productivas que mantiene con una de las empresas más grandes del país, como lo es el Grupo Corona, el cual produce, distribuye y comercializa elementos cerámicos, a partir de los insumos entregados por SUMICOL S.A.S.

3 Alcance

3.1 Alcance Espacial

El visor GeoSM tiene un alcance geográfico centrado en el municipio de la Unión Antioquia, aunque su diseño es escalable con el fin de integrar la información existente de los yacimientos pertenecientes a la empresa SUMICOL S.A.S.

3.2 Alcance Temático

Disponer la información espacial relacionada con los procesos de prospección y exploración minera de la empresa SUMICOL S.A.S, tales como las modelaciones geológicas de los yacimientos (bloques e isoclinas) para los materiales de arcilla, caolín cerámico y caolín pintura, los linderos por finca y sus correspondientes redes de perforación.

3.3 Alcance Técnico

El sistema es capaz de ejecutar acciones tales como: acceso, visualización, ejecución de consultas espaciales y alfanuméricas, búsqueda y ubicación espacial. Las acciones que no son realizadas por el sistema son: análisis topológico y de coberturas, generación de zonas de influencia, cambio de simbología y cargue de capas por parte del usuario.

4 Objetivos

4.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un visor geográfico web que permita disponer, visualizar y consultar la información derivada de los procesos de prospección y exploración geológica llevada a cabo por la empresa SUMICOL S.A.S.

4.2 Objetivos específicos

- Identificar y especificar los requerimientos funcionales, no funcionales, y requerimientos del software para garantizar la funcionalidad del Geovisor.
- Definir el diseño arquitectónico del Geovisor con base en los requerimientos especificados, garantizando que sea empleado software libre y se cumpla con los requerimientos funcionales y no funcionales.
- Implementar el Geovisor de acuerdo con la estructura definida a partir de los requerimientos.
- Realizar las pruebas de validación necesarias para garantizar la usabilidad del Geovisor.

5 Estado del Arte

5.1 Antecedentes

En el contexto internacional, la Unidad de Recursos Minerales de SERGNAGEOMIN, generó una base de datos de los yacimientos Minerales de Chile, consultable a través del Sistema de Información de Yacimientos - SIA YACIMIENTOS y del Geovisor del Portal Geológico y Minero - PotalGeoMin. Dentro de las principales funcionalidades desarrolladas en el marco de este proyecto se destaca la selección de yacimientos según sus características geológicas, la selección de yacimientos para apoyar interpretaciones geofísicas, la identificación de minerales de alteración en imágenes satelitales y la posibilidad de realizar análisis espacial a través de consultas y cruces de información (Muñoz, 2016).

En el contexto nacional, a finales del siglo XX, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC se limitaba a disponer la cartografía nacional en papel, sin embargo, al iniciar el siglo XXI la situación comenzó a cambiar con el surgimiento de los geoportales, entre los cuales figuran los Geovisores (Franco, 2016). En la actualidad, entidades gubernamentales colombianas han implementado geoportales robustos que permiten la presentación, visualización, consulta y descarga de una amplia gama de datos geográficos, asociados a temáticas ambientales (biodiversidad, planificación rural, parques naturales, cambio climático, aprovechamiento forestal y minero, entre muchos más), sociales y culturales. Por ejemplo, en el sector de minas e hidrocarburos, se encuentran los Geovisores de la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME y de Agencia Nacional de Hidrocarburos - ANH.

Es importante destacar que, según la Agencia Nacional de Minería - ANM, durante la ejecución de estudios se debe recopilar y analizar la información con el propósito de identificar los factores de riesgo (como zonas de rocas alteradas, erosiones y arrastre de materiales, entre otras) que determinen la viabilidad de una exploración. De este modo, el Geovisor del sector

minero-energético colabora con el proceso de planificación de las exploraciones al exponer volúmenes importantes de información y, consecuentemente favorecer la reducción de costos, tiempos y esfuerzos.

Por otra parte, el Servicio Geológico Colombiano SGC y el IGAC hacen uso de este tipo de tecnologías con el propósito de poner al servicio de la comunidad la información generada en las investigaciones de geociencias básicas, recursos minerales, geoamenazas, asuntos nucleares, laboratorios y gestión de información (Ariza & Bogotá, 2016), además de la cartografía básica nacional a diferentes escalas. Por último, a nivel regional, Cabrera y Bastidas (2016) propusieron la implementación de un visor geográfico en el departamento del Chocó para la presentación de datos geológicos y geotécnicos, con el fin de reducir la afectación en el desarrollo de la etapa de exploración geológica y/o geomorfológica por inconvenientes logísticos tales como el ingreso a predios, movilidad, disponibilidad de recursos, etc.

Luego de efectuar la revisión de estudios dentro y fuera del país, se concluye que, la implementación de un visor geográfico fomenta la activa y constante interacción del usuario con la información, pues permite llevar a cabo procesos tales como visualización, consulta y búsqueda e identificación de lugares específicos. Además, trae consigo importantes utilidades tanto en la presentación de datos como en la identificación y prevención de situaciones que ponen en riesgo o alteran el normal desarrollo de actividades clave dentro de un proceso productivo.

5.2 Marco Teórico

Las arcillas y caolines se encuentran clasificados en el grupo de los minerales industriales, que según (Bates, 1969) es “Cualquier roca, mineral u otra sustancia de ocurrencia natural de valor económico, excepto los depósitos metálicos, combustibles minerales y piedras preciosas”. Este grupo de minerales son menospreciados por la mayoría de las personas, dado

que no son vistos como los minerales que brillan y muestran un gran poder económico, sin darse cuenta de que son indispensables para la vida y están presentes en la mayoría de los bienes de uso y consumo en la cotidianidad. El valor de la producción mundial de arcilla y caolín hace parte de la base de la economía de minerales industriales, en el caso de las arcillas, generan 3836 millones de Euros al año, y los caolines, un total de 2901 millones de Euros anualmente, encontrándose por encima de minerales como el níquel, plomo y plata (Regueiro, 2015).

Las arcillas son aluminosilicatos hidratados con tamaños inferiores a las $2\mu\text{m}$, químicamente compuestas de sílice, alúmina, agua y contenidos variables de hierro, álcalis y materia orgánica. Sus principales características son: plástico al humedecerse, altamente poroso, baja permeabilidad, gran capacidad de intercambio catiónico, se contrae al secarse, se endurece al quemarla, se contrae y vitrifica, tiene tixotropía y capacidad de absorción Martha (2001). Por otro lado, el caolín, es un silicato de aluminio hidratado, el cual es un producto de la descomposición de rocas feldespáticas. Sus principales características físicas y químicas lo convierten en un mineral importante para la industria cerámica, dentro de las cuales se encuentran: blancura, refractariedad, inerte ante químicos, incoloro, aislante eléctrico, no abrasivo, suave a tacto, absorción y baja viscosidad (Coordinación General de Minería, 2014).

En el municipio de La Unión-Antioquia, se encuentran yacimientos de arcillas y caolines. Los caolines están asociados al saprofito de la granodiorita de la cúpula de La Unión, producto de la intensa meteorización a la que se encuentra expuesta la roca en esta zona. Este material conserva la textura original de la roca y una consistencia areno-limosa, presenta una coloración que va desde blanco hasta rojo, con un alto contenido micáceo y espesores en promedio de 8 m. El material de arcilla presenta colores desde crema a amarillo, textura jabonosa, tiene fragmentos de cuarzo, mica, óxidos de hierro y materia orgánica (Álvarez, 2017). En el proceso de exploración los minerales en mención, se realizan ensayos de laboratorio con el fin de

analizar parámetros tales como: IAM, DTP, RSM, DEV, CR, absorción, contracción, entre otros, dependiendo si es arcilla o caolín.

En el proceso de fabricación de cerámica, cuyas materias primas son las arcillas y/o caolines, se tienen las siguientes etapas: Prospección, exploración y explotación, preparación de las materias primas, preparación del cuerpo cerámico, moldeado (colado, prensado y extrusión), secado, cocción y finalmente la obtención de los productos cerámicos para ser dispuestos en el mercado (Galán & Aparicio, 2006).

6 Metodología

El planteamiento metodológico empleado para el desarrollo e implementación del visor geográfico en la compañía SUMICOL S.A.S, corresponde a la metodología Scrum, la cual está orientada a desarrollar tareas de forma ágil presentando resultados periódicos y parciales. La selección del método parte de la necesidad de generar avances en cortos periodos de tiempo, en los cuales se puedan realizar mejoras que alimenten el sistema. Adicionalmente, la división del producto en partes favorece el proceso de creación del sistema, ya que prioriza las tareas más importantes y se enfoca en la simplicidad de los componentes.

Por otra parte, la flexibilidad que ofrece la técnica permite la participación y comunicación con los directivos de la empresa SUMICOL S.A.S, siendo ésta importante en el proceso de retroalimentación y validación de los productos generados.

Las fases llevadas a cabo para el método seleccionado fueron planeación inicial, ciclo sprint y cierre del proceso, las cuales se aprecian en la Figura 1.

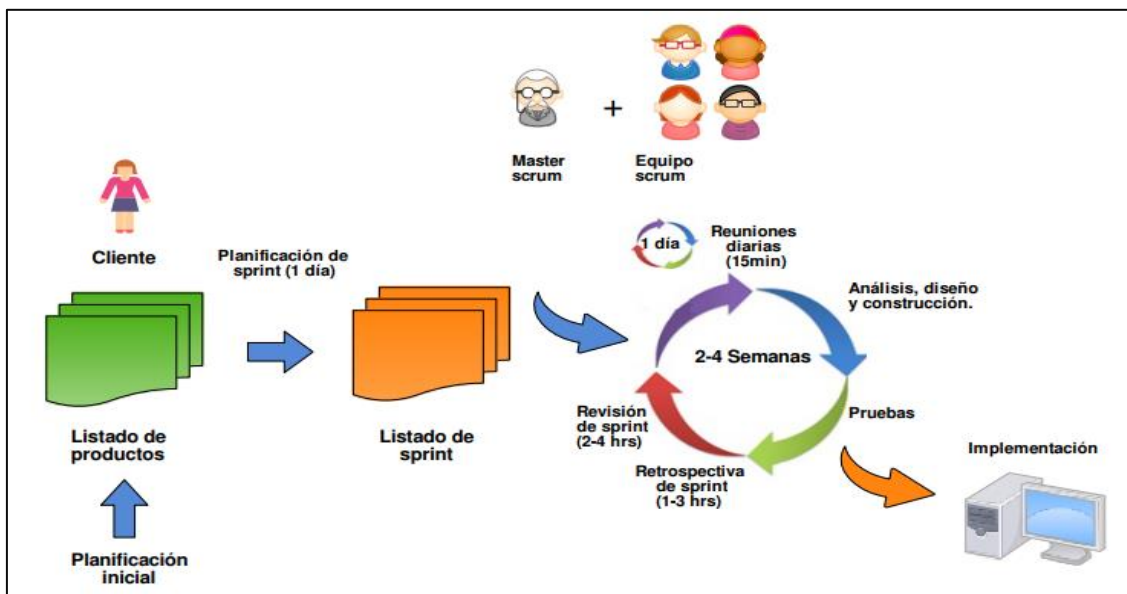


Figura 1. Metodología para el desarrollo e implementación del geovisor

Fuente: Elaboración propia. Tomado de Wiliam B. 2011

- Planeación inicial: etapa que comprendió el levantamiento de requerimientos y la definición y priorización de tareas. Además, se presentó la intervención inicial del cliente para efectuar el ajuste de ciertos requerimientos planteados inicialmente.
- Ciclo Sprint: se realizaron reuniones cortas para la asignación de tareas, en donde las de mayor ponderación fueron ejecutadas primero. Asimismo, se elaboró el análisis, diseño, implementación y verificación del producto por etapas. Es importante mencionar que, durante el desarrollo de la implementación, se reutilizaron y personalizaron los componentes de software existentes con el fin agilizar los procesos. Por último, se destaca que, en ésta etapa se generaron varios sprint para lograr integrar con éxito todos los componentes del sistema.
- Cierre del proceso: se concluyó el proceso por medio de la ejecución de pruebas de funcionamiento.

7 Resultados

Este capítulo presenta los resultados obtenidos en las fases de planeación, análisis, diseño, construcción y verificación del visor geográfico GeoSM, para la presentación de la información proveniente de las etapas de prospección y exploración de la empresa SUMICOL S.A.S.

7.1 Fase de Planeación Inicial

En la fase de planeación se llevó a cabo el levantamiento de requerimientos con el representante de la empresa, con el fin de identificar las necesidades que el sistema debe suplir.

7.1.1 Levantamiento de Requerimientos.

Durante el levantamiento de requerimientos se determinó que el sistema deberá ser capaz de brindar funcionalidades que permitan a los actores (Personal asociado al Área de Investigaciones Geológicas y de Minería: Ingenieros Geólogos y de Minas):

- Autenticación: donde únicamente usuarios autorizados puedan ingresar al sistema mediante su correo institucional y una contraseña.
- Visualización de las principales capas de información geográfica generadas a partir de las actividades de prospección y exploración de los yacimientos de arcilla y caolín, ejecutadas por la empresa.
- Ubicación de puntos específicos mediante el ingreso de coordenadas.
- Consulta de atributos y medición de longitudes sobre las capas disponibles.
- Accesibilidad vía internet y fácil interacción con el sistema.

7.1.2 Análisis de Requerimientos

A partir de los requerimientos realizados por el cliente y su correspondiente análisis, fueron identificadas las herramientas que el visor geográfico GeoSM debe incorporar con el propósito de cubrir satisfactoriamente las necesidades planteadas. En la Figura 2 se encuentra el

diagrama de casos de uso, el cual presenta la interacción de los actores con el entorno del Geovisor y, además, brindar una visión general de su funcionamiento.

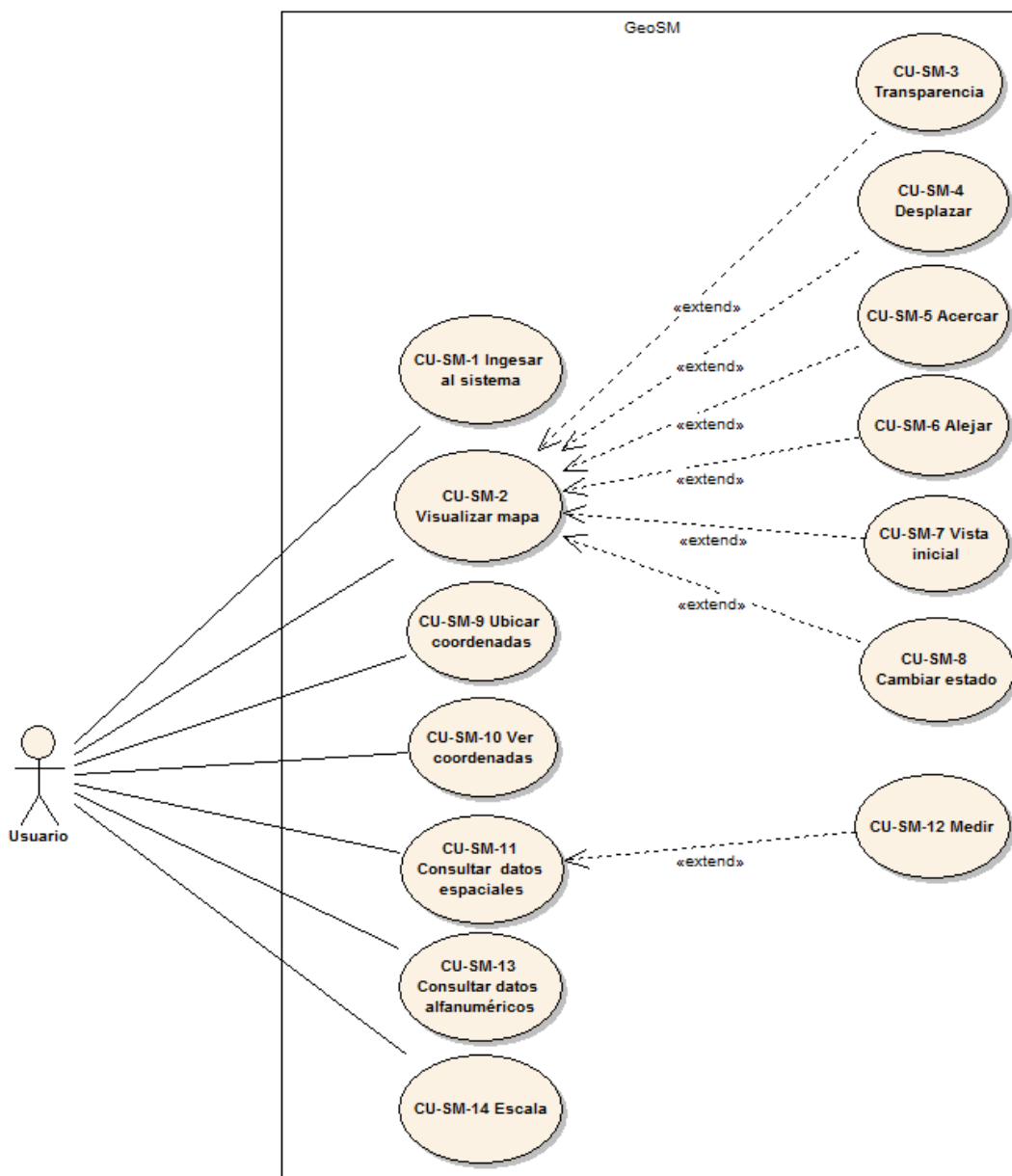


Figura 2. Diagrama de casos de uso
Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de casos de uso se evidencia que las principales funcionalidades del sistema corresponden a Ingreso al sistema, Visualizar mapa, Ubicar y ver coordenadas, Consulta alfanumérica y espacial de datos; dentro de las cuales, Visualizar y Consulta son los casos de uso que tienen asociadas otras funcionalidades que permiten al usuario navegar en el visor de forma adecuada.

7.2 Fase de diseño

Teniendo en cuenta la metodología elegida para el desarrollo del proyecto, la cual se basa en la reutilización de componentes existentes, en la etapa de diseño se definieron los componentes encargados de suplir los requerimientos de almacenamiento, visualización y navegación del visor GeoSM. La Figura 3 muestra los componentes seleccionados y la relación existente entre ellos.

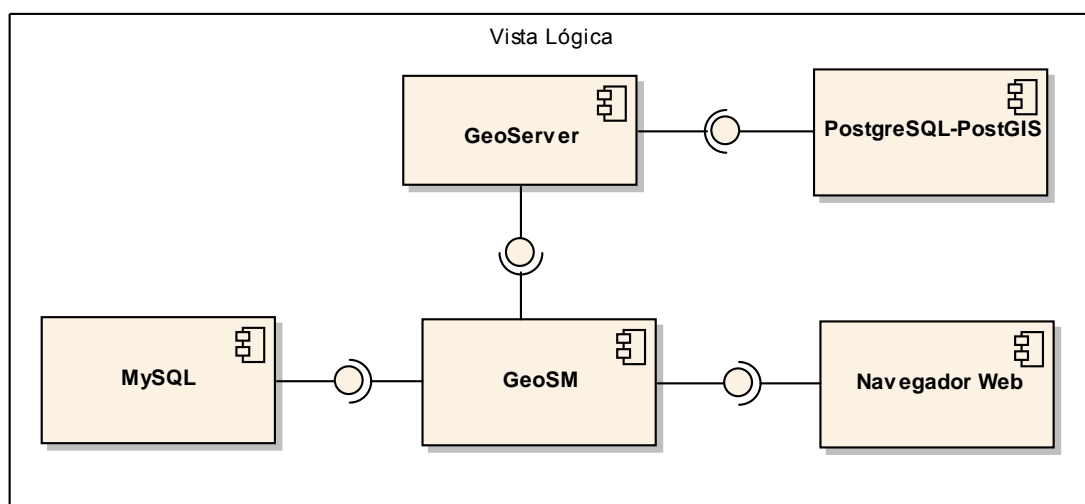


Figura 3. Diagrama de componentes
Fuente: Elaboración propia

Dentro de las principales funciones de cada uno de los componentes se destaca que el navegador web permite el despliegue del visor GeoSM y éste último posibilita la visualización de la información geográfica publicada en el servidor de mapas GeoServer y almacenada en la base de datos espacial PostGIS. Por otro lado, el gestor de base de datos MySQL da lugar al almacenamiento y validación de los datos de los usuarios para aprobar o no su acceso.

Por otra parte, el diagrama de despliegue de la Figura 4 ilustra cómo los diferentes componentes de Hardware (nodos) del sistema se relacionan entre sí en el ambiente de producción. El nodo cliente contiene el Navegador Web, el cual permite al usuario el acceso e interacción con las capas geográficas dispuestas en el visor GeoSM.

En el Servidor de aplicaciones se encuentran embebidos los componentes GeoServer y GeoSM, donde el primero facilita el intercambio de información de componente geográfica, permitiendo servir mapas y datos de diferentes formatos (emplea Apache Tomcat) y el segundo, es el mecanismo para la visualización de los servicios WMS generados en GeoServer y la ejecución de las funcionalidades definidas en los casos de uso (emplea el servidor Wamp 3.1.10). Finalmente, el primer nodo de Servidor de Bases de Datos, compuesto por PostgreSQL y PostGIS, da lugar al almacenamiento de la información espacial a ser presentada en el visor GeoSM. Mientras que el nodo correspondiente a MySQL permite el almacenamiento de los usuarios y la validación de sus datos para permitir el acceso y la consecuente navegación en el visor geográfico.

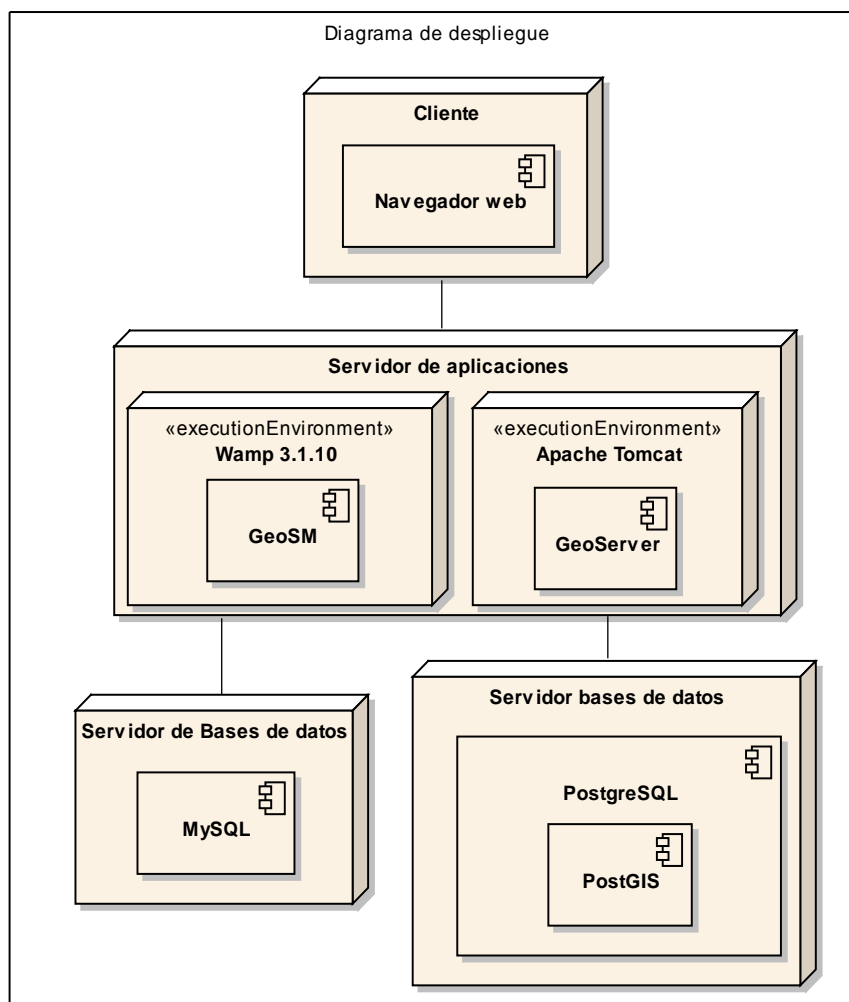


Figura 4. Diagrama de despliegue

Fuente: Elaboración propia

Por último, el diagrama de persistencia de la Figura 5 representa el modelo entidad-relación de los datos empleados en la construcción de las capas dispuestas en el visor GeoSM. Allí, se observan los datos correspondientes a las litologías Acilla cerámica, Caolín cerámico y Caolín Pintura, para las cuales existe una relación con una finca y una malla de perforación específica (barreno) y, donde cada una de ellas cuenta con diferentes propiedades físicas y químicas, dependiendo de su uso final. Además, la entidad usuario indica las personas que se encuentran autorizadas para ingresar al sistema (para los cuales se incluyen datos como usuario y contraseña).

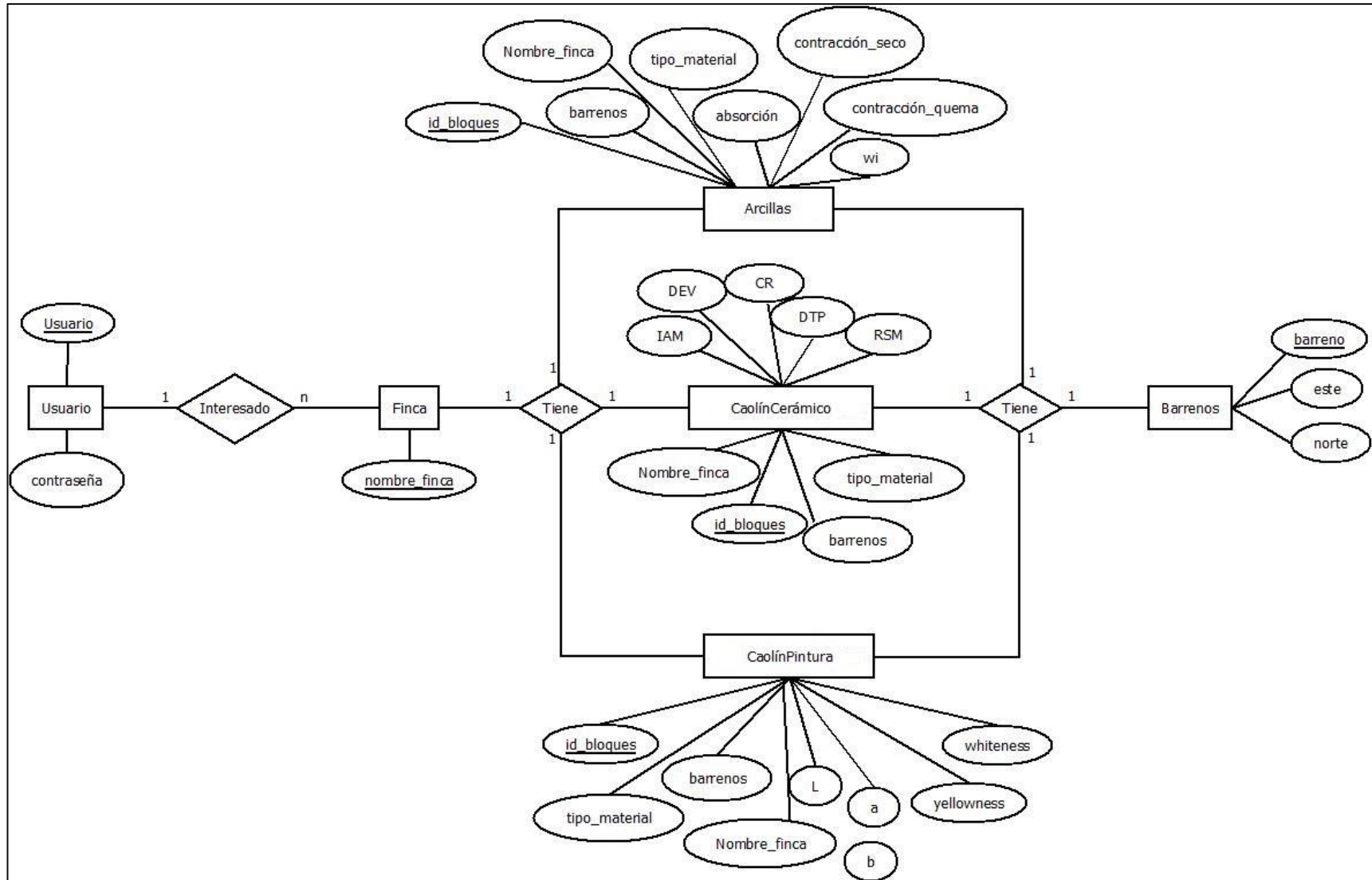


Figura 5. Diagrama de persistencia

Fuente: Elaboración propia

7.3 Fase de Implementación

En primer lugar se planteó el modelo de organización de los datos, allí se definió la categorización de estos en dos grupos: bloques e isolíneas. En el primer caso, la clasificación se realizó por tipo de material, es decir, arcilla, caolín cerámico y caolín pintura, mientras que en el segundo caso dicha clasificación se basó en la propiedad de cada uno de los materiales.

Por otra parte, se realizó la migración de los mismos a formato shapefile (.shp), en razón a que el formato de origen (.srf – Surfer) no fue soportado por el servidor de mapas. Además, dentro del procesamiento de los datos se identificó la necesidad de estandarizar la representación gráfica de las capas, con el fin de optimizar la gestión de la información. Para ello se empleó la medida de la desviación estándar, la cual fue aplicada a las capas de isolíneas y de bloques para cada material.

Asimismo, se generó la asociación de los atributos a cada una de las capas geográficas, por medio de la creación de llaves de primarias. Una vez importada la información a la base de datos de PostGIS, se procedió a publicar las capas geográficas a través de servicios WMS y, finalmente, mediante el visor GeoSM se realizó el consumo o llamado de los servicios geográficos creados.

Es importante mencionar que durante la creación del visor fueron reutilizadas y adaptadas las sentencias (en lenguaje java script) con el fin de incluir las funcionalidades planteadas en los casos de uso. El resultado de la implementación del visor geográfico se presenta en la Figura 6 y la Figura 7, en las que se evidencia la integración homogénea del conjunto de herramientas.

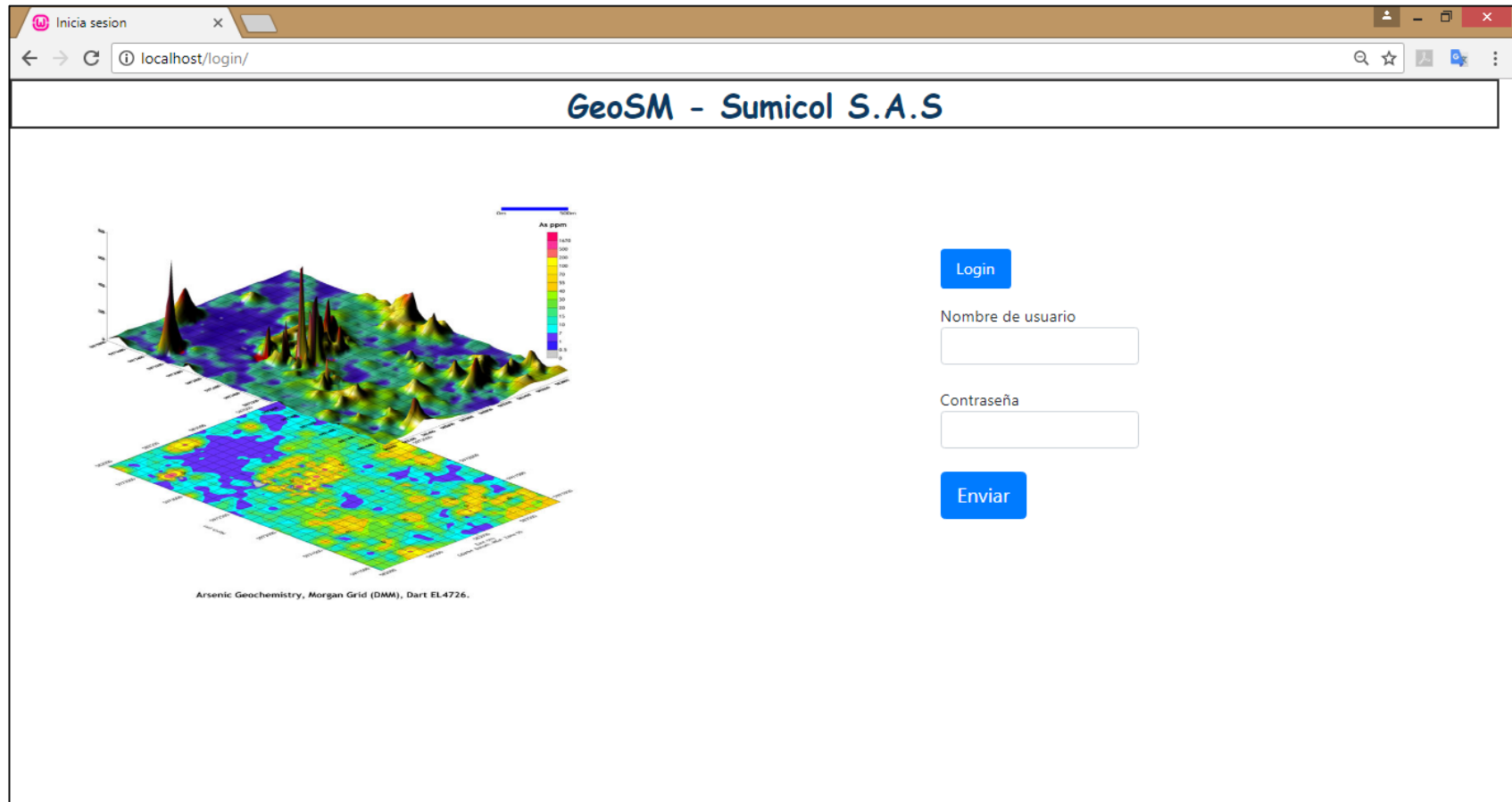


Figura 8. Vista Login visor GeoSM

Fuente: Elaboración propia

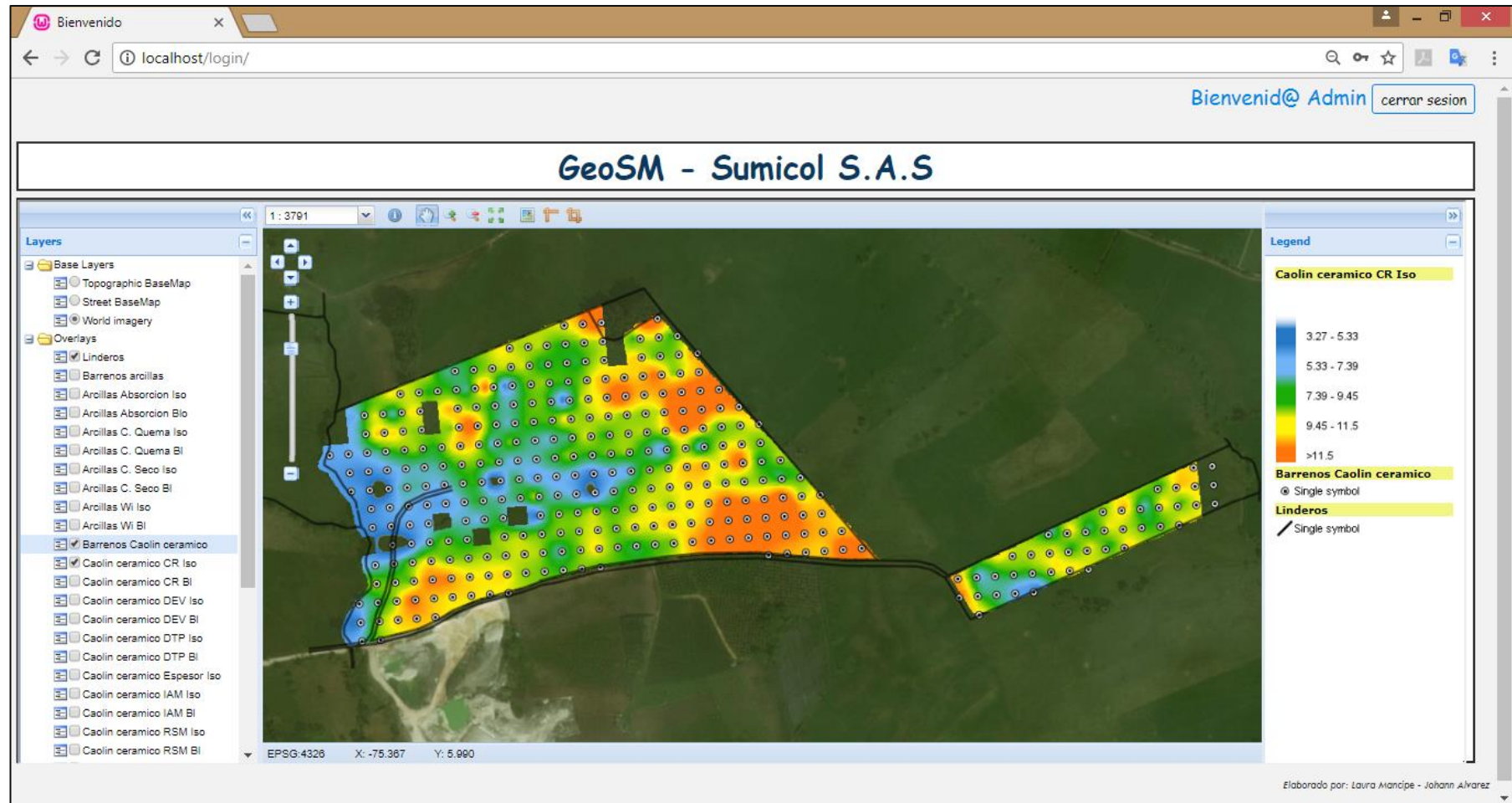


Figura 9. Vista visor GeoSM

Fuente: Elaboración propia

7.4 Evaluación del producto

Con el propósito de validar el desempeño de la herramienta creada, se realizó una evaluación de usabilidad en la que se seleccionaron 6 personas (de las cuales 3 estuvieron familiarizadas con el uso de visores geográficos y 3 no lo estuvieron), teniendo en cuenta que en la empresa SUMICOL S.A.S máximo 10 personas tendrán acceso al visor GeoSM para la consultar la información expuesta. Una vez probada la herramienta, se les proporcionó un formulario con el fin de determinar su satisfacción frente a este. Los criterios, las métricas, las preguntas evaluadas y su correspondiente calificación son presentadas en la Tabla 2. Es importante destacar que, en la metodología de evaluación cada pregunta incluyó el mismo tipo de respuesta (siempre, a veces y nunca), a la cual se le asignó un valor que permitiera realizar la ponderación correspondiente (ver Tabla 1).

Tabla 1. Criterio de evaluación empleado

Tipo de respuesta	Valor asignado
Siempre	5.0
A veces	2.5
Nunca	0.0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Resultado evaluación del visor GeoSM

Criterio	Métrica	Evaluación	Calificación	
			Métrica	Criterio
Aprendizaje	Comprensibilidad	¿Fue fácil reconocer la funcionalidad de las herramientas con el ícono dispuesto en el visor?	4.6	4.6
Eficiencia	Desempeño	¿La herramienta funcionó de acuerdo con lo que usted esperaba?	5.0	4.4
		¿Fue fácil ubicar las capas que se desean visualizar?	4.0	
	Velocidad	¿Fue rápido el tiempo de redireccionamiento al geovisor?	4.2	
		¿El tiempo de respuesta de las funcionalidades es óptimo?	4.2	
Contenido	Comunicación	¿Fue buena la distribución y presentación del contenido de la información en el geovisor (textos, botones, área de visualización, etc)?	4.6	4.8
	Accesibilidad	¿Fue fácil acceder (login) al visor?	5.0	
		¿La información solicitada para el acceso fue clara?	5.0	
Satisfacción	Atracción	¿Qué tan satisfecho se sintió al navegar en el visor?	5.0	5.0
Eficacia	Diagnóstico de errores	¿Durante la interacción, fueron generados mensajes de error o alerta?	4.5	4.5
Total calificación			4.7	

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a los resultados presentados, es posible determinar que los criterios de satisfacción, contenido y aprendizaje presentan la mayor valoración (5.0, 4.8 y 4.6, respectivamente), donde se destaca la alta satisfacción de los participantes al interactuar con la herramienta que despliega la información de los yacimientos de minerales de arcilla y caolín, así como la facilidad de acceso (por medio del logeo) y la intuitividad o el adecuado reconocimiento de las funcionalidades por medio de los íconos expuestos. Por otra parte, la evaluación efectuada permite identificar falencias con respecto a la ubicación de las capas en la lista de despliegue y a la velocidad en el tiempo de respuesta de la herramienta (calificaciones de 4.0 y 4.2 respectivamente).

A pesar de que la presencia de algunas debilidades, es importante reconocer que la calificación global, correspondiente a 4.7, garantiza la usabilidad del visor GeoSM a cualquier persona; donde el usuario puede completar las tareas que desea, en el tiempo adecuado y de la forma esperada.

8 Conclusiones

- La implementación de GeoSM satisface las necesidades planteadas inicialmente por la empresa SUMICOL S.A.S, pues las funcionalidades se encuentran integradas en su totalidad y da lugar a la visualización y consulta de la información.
- Los componentes que integran la arquitectura del sistema permitieron el uso de software libre y su integración se llevó a cabo de forma dinámica, permitiendo cumplir satisfactoriamente con las especificaciones de usabilidad y operación.
- La evaluación de usabilidad efectuada demostró la fácil interacción de los usuarios con la herramienta, pues estos se familiarizaron rápidamente con cada una de las funcionalidades incluidas, demostrando la intuitividad de las mismas. Asimismo, se destaca el correcto desempeño de tales funcionalidades, donde cada una ejecutó la tarea esperada.
- De acuerdo con las pruebas realizadas, se determinó que el visor geográfico GeoSM permitirá al personal involucrado en todas las etapas de la explotación minera realizar la verificación de la información referente a las etapas de prospección y exploración de cada uno de los yacimientos geológico, generando la optimización de actividades relacionadas y su reducción en costo y tiempo.

9 Referencias

- Álvarez, J. (2017). *Caracterización de Caolín para Uso Cerámico - Predio la Palma*. Medellín, Colombia.
- Ariza, K., & Bogotá, L. (2016). *Geovisor Web para exploraciones preliminares geotécnicas - geológicas*. Universidad Francisco José de Caldas.
<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5299/1/Bogot%C3%A1Guzm%C3%A1nLuisErnesto2017.pdf>
- Bates, R. L. (1969). Geology of the industrial Rocks and Minerals. *Geological Journal*, 2, 328–438. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/gj.3350020415/pdf>
- Coordinación General de Minería. (2014). *Pefil del Mercado del Caolín* (p. 46). México.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/5565/pm_caolin_2014.pdf
- Franco, R. (2016). *Geoportales y Visores Geográficos en Colombia*. Bogotá, D.C, Colombia. https://mixdyr.files.wordpress.com/2016/03/rodolfo-franco-geoportales-y-visores-geograficos-en-colombia_v1-61.pdf
- Galán, E., & Aparicio, P. (2006). *Materias Primas para la Industria Cerámica*, 32.
http://www.ehu.es/sem/seminario_pdf/SEMINARIO_SEM_2_031.pdf
- Muñoz, V. et al. (2016). La Base de Datos de Yacimientos Minerales de Chile como fuente de Información para la Exploración Minera.
http://biblioteca.sernageomin.cl/opac/DataFiles/14127_pp_975_977.pdf
- Regueiro, M. (2015). *Los Minerales Industriales en la Vida Cotidiana*.
www.raco.cat/index.php/ECT/article/download/164750/216755.pdf