



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA OPTIMIZAR LOS
PROCESOS DE APROBACIÓN DE PROYECTOS DE DISTRIBUCIÓN DE GAS
NATURAL – SULLANA, REGIÓN PIURA**

Línea de investigación:

**Desarrollo urbano-rural, Catastro, Prevención de riesgos, hidráulica y
geotecnia**

**Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de
Ingeniero Geógrafo**

Autor:

López Santillan, José Luis

Asesor:

Martínez Cabrera, Rubén

ORCID: 0000-0002-4561-8627

Jurado:

Osorio Rojas, Eberardo Antonio

Bedoya Gómez, Ilse

Pérez Flores, Brandon

Lima - Perú

2024

● 13% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	repositorio.unfv.edu.pe Internet	1%
2	cdn.gob.pe Internet	1%
3	University of Oxford on 2023-05-02 Submitted works	<1%
4	coursehero.com Internet	<1%
5	issuu.com Internet	<1%
6	bibdigital.epn.edu.ec Internet	<1%
7	rumbominero.com Internet	<1%
8	revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe Internet	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN

VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA OPTIMIZAR LOS PROCESOS
DE APROBACIÓN DE PROYECTOS DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL –
SULLANA, REGIÓN PIURA

Línea de investigación:

Desarrollo urbano-rural, Catastro, Prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Geógrafo

Autor

López Santillan, José Luis

Asesor

Martínez Cabrera, Rubén

ORCID: 0000-0002-4561-8627

Jurado

Osorio Rojas, Eberardo Antonio

Bedoya Gómez, Ilse

Pérez Flores, Brandon

Lima - Perú

2024

Índice

Resumen.....	6
Abstrac	7
I. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Trayectoria del autor	8
<i>1.1.1. Grado académico.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.2. Certificación profesional</i>	<i>8</i>
<i>1.1.3. Área de experiencia.....</i>	<i>12</i>
1.2. Descripción de la institución	15
1.3. Organigrama de la institución	17
1.4. Áreas y funciones desempeñadas.....	18
II. USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE APROBACIÓN DE PROYECTOS DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DOMICILIARIA	19
2.1. Objetivos	20
<i>2.1.1. Objetivo general</i>	<i>20</i>
<i>2.1.2. Objetivos específicos</i>	<i>20</i>
2.2. Metodología	20
<i>2.2.1. Procedimientos</i>	<i>21</i>
2.2.1.1. Evaluar los proyectos de distribución de gas natural domiciliaria.	21
2.2.1.2. Determinar los parámetros de desempeño.	22

2.2.1.3. Diseñar una estructura para la Geodatabase de los proyectos aprobados.	24
2.2.1.4. Elaborar un flujo de trabajo para los procesos de aprobación de proyectos de gas natural.	25
2.3. Resultados.....	59
2.3.1. <i>Productos de la evaluación de proyectos de gas natural domiciliaria</i>	59
2.3.2. <i>Productos de la determinación de los parámetros de desempeño</i>	60
2.3.3. <i>Productos del diseño de estructura de la Geodatabase de los proyectos</i>	61
2.3.4. <i>Productos de la elaboración del flujo de trabajo de los procesos de aprobación de proyectos</i>	63
III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA INSTITUCIÓN	73
IV. CONCLUSIONES	75
V. RECOMENDACIONES	76
VI. REFERENCIAS.....	77
VII.ANEXOS.....	79

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Estructura funcional del Fondo de Inclusión Social Energético</i>	17
Figura 2 <i>Flujo de desarrollo de los procesos de aprobación de los proyectos</i>	27
Figura 3 <i>Procesos de aprobación de proyectos de gas natural</i>	32
Figura 4 <i>Procesos de aprobación de proyectos de gas natural automatizados</i>	35
Figura 5 <i>Representación visual de la geodatabase</i>	37
Figura 6 <i>Plano del proyecto enviado por la empresa concesionaria</i>	39
Figura 7 <i>Campos y atributos de las manzanas de los proyectos de gas natural</i>	40
Figura 8 <i>Herramientas creadas para los procesos de aprobación de los proyectos de gas natural</i>	41
Figura 9 <i>Estructura de la caja de herramientas desarrolladas</i>	42
Figura 10 <i>Código de estructura de la Migración a Geodatabase</i>	43
Figura 11 <i>Código de estructura de los atributos de la información de los proyectos</i>	44
Figura 12 <i>Código de estructura de la revisión topológica</i>	45
Figura 13 <i>Código de estructura de la asignación de estratos INEI</i>	46
Figura 14 <i>Código de estructura de la validación de asignación de estratos INEI</i>	47
Figura 15 <i>Código de estructura de la determinación de pendientes</i>	48
Figura 16 <i>Código de estructura de la identificación de pendientes</i>	49
Figura 17 <i>Código de estructura de la identificación de tipos de suelo</i>	50
Figura 18 <i>Código de estructura de la identificación de hidrografías</i>	51
Figura 19 <i>Código de estructura de la identificación de Sitios arqueológicos</i>	52
Figura 20 <i>Código de estructura de los análisis de los parámetros</i>	53
Figura 21 <i>Código de estructura de los atributos finales</i>	54
Figura 22 <i>Código de estructura de la validación de información final</i>	55
Figura 23 <i>Código de estructura de la generación de mapas de estratificación</i>	56

Figura 24 <i>Código de estructura de la generación de mapas de pendientes</i>	<i>57</i>
Figura 25 <i>Código de estructura de la generación de mapas de tipos de suelo</i>	<i>58</i>
Figura 26 <i>Código de estructura de la generación del kmz</i>	<i>59</i>
Figura 27 <i>Reporte de la evaluación de manzanas de los proyectos</i>	<i>60</i>
Figura 28 <i>Manzanas correctamente estratificadas.....</i>	<i>63</i>
Figura 29 <i>Manzanas con datos de pendientes</i>	<i>64</i>
Figura 30 <i>Manzanas con datos de suelos</i>	<i>64</i>
Figura 31 <i>Mapa de estratificación de las manzanas validadas de los proyectos.....</i>	<i>66</i>
Figura 32 <i>Mapa de pendientes del área evaluada de los proyectos</i>	<i>67</i>
Figura 33 <i>Mapa de suelos del área evaluada de los proyectos</i>	<i>68</i>
Figura 34 <i>Formato Kmz de las manzanas validadas de los proyectos.....</i>	<i>69</i>
Figura 35 <i>Comparación de tiempos pre y post optimización de los procesos.....</i>	<i>72</i>

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Detalle de los diplomados</i>	9
Tabla 2 <i>Detalle de los cursos, conferencias y seminarios</i>	10
Tabla 3 <i>Definición de campos mínimos solicitados en los proyectos</i>	22
Tabla 4 <i>Intervalos de tiempo para procesar los factores</i>	29
Tabla 5 <i>Definición de parámetros para la optimización</i>	61
Tabla 6 <i>Estructura de la geodatabase de los proyectos aprobados</i>	62
Tabla 7 <i>Medición de tiempos antes y después de la optimización de los procesos</i>	71

Resumen

El presente informe tiene como **objetivo** principal mejorar el proceso de aprobación de proyectos de distribución de gas natural domiciliaria en Sullana, Piura, mediante la implementación de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Para alcanzar este objetivo, se han definido los siguientes objetivos específicos como evaluar los proyectos de gas natural, establecer los parámetros del SIG, diseñar una Geodatabase para los proyectos aprobados y desarrollar un flujo de trabajo para la aprobación utilizando el SIG. La **metodología** incluye la revisión y corrección de datos mediante su conversión a Feature Class y la validación topológica. Se lleva a cabo una evaluación del SIG comparando las manzanas del proyecto con las del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) para asegurar el cumplimiento normativo. Se diseña una Geodatabase con veinticuatro capas de datos para permitir un análisis detallado y se establece un flujo de trabajo que abarca la recepción, verificación, análisis y validación de documentos, así como su envío a las autoridades competentes. Adicionalmente, se automatizan procesos utilizando ArcPy para optimizar el análisis geoespacial. El **resultado** fue que la implementación del SIG permitió una reducción del 83.6% en los tiempos de aprobación, mejoró la precisión y calidad de los datos, y facilitó la interpretación y comunicación mediante la generación de mapas temáticos y un archivo KMZ interactivo. Por último, la **conclusión** fue que el SIG ha optimizado significativamente los procesos de aprobación de proyectos de gas natural, estableciendo un nuevo estándar en términos de eficiencia y calidad.

Palabras clave: Optimización, Python, Gas Natural

Abstrac

This report aims to improve the approval process for residential natural gas distribution projects in Sullana, Piura, through the implementation of Geographic Information Systems (GIS). To achieve this goal, the following specific objectives have been defined: to evaluate natural gas projects, establish GIS parameters, design a Geodatabase for approved projects, and develop a workflow for approval using GIS. The methodology includes data review and correction through conversion to Feature Class and topological validation. GIS evaluation is carried out by comparing the project blocks with those of the National Institute of Statistics and Informatics (INEI) to ensure regulatory compliance. A Geodatabase with twenty-four data layers is designed to enable detailed analysis, and a workflow is established that includes the receipt, verification, analysis, and validation of documents, as well as their submission to the competent authorities. Additionally, processes are automated using ArcPy to optimize geospatial analysis. The result was that the implementation of GIS allowed an 83.6% reduction in approval times, improved data accuracy and quality, and facilitated interpretation and communication through the generation of thematic maps and an interactive KMZ file. Finally, the conclusion was that GIS has significantly optimized the natural gas project approval processes, setting a new standard in terms of efficiency and quality.

Keywords: Optimization, Python, Natural Gas

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Trayectoria del autor

1.1.1. *Grado académico*

Bachiller en Ingeniería Geográfica desde el 14 de julio del año 2015. Mi grado académico está registrado en la Oficina de Grados y Títulos de la Secretaría General de la UNFV, específicamente en el libro 033, folio 10000 y en el registro N° 90582, otorgado por el Consejo Universitario.

1.1.2. *Certificación profesional*

Mi certificación comenzó en 2009 y, desde entonces, he participado en numerosas capacitaciones, conferencias, diplomados, cursos especializados y seminarios en el ámbito de las ciencias en Perú. Mi formación abarca el desarrollo e implementación de Sistemas de Información Geográfica, la planificación en Perú (metodología, experiencia y desafíos), ingeniería del territorio, el Summit GIS para gobiernos, actualización en materia catastral I y II, habilitaciones urbanas, cartografía catastral, y bases de datos SQL Server, entre otros temas. En total, he acumulado 598.5 horas académicas en diplomados y cursos.

El primer diplomado se centró en habilitaciones urbanas y continúa siendo una fuente valiosa de conocimiento. El segundo diplomado, enfocado en cartografía catastral, ha sido crucial para mi desarrollo profesional. El tercer diplomado, especializado en bases de datos SQL Server, es fundamental para mi desempeño actual. En conjunto, estos diplomados suman un total de 245.5 horas académicas, como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 1*Detalle de los diplomados*

Diplomados			
Año	Tema	Institución	Horas Académicas
2016	Habilitaciones Urbanas	Instituto de Formalización Predial - INFOPRE	120
2016	Cartografía Catastral	Instituto de Formalización Predial - INFOPRE	120
2023	Base de Datos Microsoft SQL Server	Udemy	5.5
Total de horas académicas			245.5

Nota. En la tabla se detallada los diplomados llevados posteriormente al grado de bachiller.

He asistido a cursos, conferencias y seminarios desde el año 2009 hasta la actualidad, acumulando un total de 353 horas académicas. Estos cursos abarcan diversos temas, tales como diseño cartográfico en GIS, sistemas de información geográfica, introducción a HTML, diseño de dibujo gráfico, GIS utilizando ArcGIS PRO, imágenes y teledetección, GIS en redes eléctricas, flujos de trabajo y gestión de datos geoespaciales, entre otros. Estas experiencias han contribuido significativamente a mis conocimientos y me han permitido mantenerme actualizado. A continuación, se detallan en la tabla los cursos realizados.

Tabla 2*Detalle de los cursos, conferencias y seminarios*

Cursos, conferencias y seminarios			
Año	Tema	Institución	Horas Académicas
2009	El nivel de las ciencias en el Perú	Universidad Nacional Federico Villarreal	3
2012	Desarrollo e implementación de Sistemas de Información Geográfica	Universidad Nacional Federico Villarreal	4
2013	ArcGIS 10 – Nivel I	Centro de Extensión y Proyección Social – “UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA”	20
2013	ArcGIS 10 – Nivel II	Centro de Extensión y Proyección Social – “UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA”	20
2013	La planificación en el Perú: metodología, experiencia y caos	Universidad Nacional Federico Villarreal	10
2013	Ingeniería del territorio	Universidad Nacional Federico Villarreal	18
2020	ArcGIS 10.8 – Nivel III	GEOGIS Ingenieros S.A.	16

2020	ArcGIS 10.8 – Nivel IV	GEOGIS Ingenieros S.A.	16
2020	Taller de diseño cartográfico en GIS	GEOGIS Ingenieros S.A.	3
2020	Especialista en Sistemas de Información Geográfica	GEOGIS Ingenieros S.A.	64
2021	Summit GIS para gobiernos	Telemática S.A.	3
2022	Actualización en materia catastral I	Sistema Nacional Integrado de Información Catastral Predial	12
2022	Actualización en materia catastral II	Sistema Nacional Integrado de Información Catastral Predial	12
2022	Dibujo Técnico en CAD I – Nivel Básico	GEOGIS Ingenieros S.A.	16
2022	Introducción a HTML	NETZUN	4
2023	GIS PRO I – Nivel Básico	GEOGIS Ingenieros S.A.	16
2023	QGIS I – Nivel Básico	GEOGIS Ingenieros S.A.	16
2023	GIS en Python I – Nivel Básico	GEOGIS Ingenieros S.A.	16
2023	Introducción a los GIS usando ArcGIS Pro	Telemática S.A.	16

2023	Tecnología GIS para Imágenes y Teledetección	Telemática S.A.	6
2023	Actualiza tu red eléctrica, inspecciona en tiempo real y optimiza tu trabajo en campo	Telemática S.A.	6
2023	ArcGIS Pro: Flujos de trabajo esenciales	Telemática S.A.	24
2023	Gestionando datos geoespaciales con ArcGIS Pro	Telemática S.A.	16
2023	Empodera a tu organización con ArcGIS Online	Telemática S.A.	16
Total de horas académicas			353

Nota. En la tabla se detallada los cursos, conferencias y seminarios en los que he participado desde el inicio de mis estudios de pregrado y a lo largo de mi trayectoria académica y profesional.

1.1.3. Área de experiencia

José Luis López Santillan; Especialista multidisciplinario en Sistemas de Información Geográfica (SIG) con más de siete años de experiencia en proyectos relacionados con SIG, cartografía, fotogrametría, catastro y saneamiento. Bachiller en Ingeniería Geográfica de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV) con diversos cursos y diplomados que fortalecen sus competencias en el uso de herramientas SIG como ArcGIS, ArcGIS PRO, QGIS, AutoCAD, SQL Server entre otros. Actualmente se ha centrado principalmente en el sector

energético, colaborando con el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) – Fondo de Inclusión Social Energético (FISE) en diversos proyectos relacionados con la masificación del uso del gas natural y la promoción del acceso al gas licuado de petróleo (GLP).

Instituto Catastral de Lima (ICL)

Durante 2014 y 2015, trabajé como Técnico de Edición Cartográfica, enfocado en el registro y control de calidad de información cartográfica, elaboración de plantillas, conversión de coordenadas y edición de bases cartográficas con ArcGIS. Luego, en 2021, asumí como Editor Cartográfico, centrado en la actualización de cartografía de vías y áreas verdes, edición de planos y representación gráfica de datos. Finalmente, en 2022, desempeñé el rol de Asistencia Técnica Cartográfica, encargándome de la extracción y preparación de información geográfica para su incorporación en la base SIG, así como del control de calidad, análisis topológicos y generación de informes detallados, entre otras responsabilidades asignadas por la Gerencia de Cartografía y TI.

Organismo de Formalización de la Propiedad Informal (COFOPRI)

Desde 2014 hasta 2022, he desempeñado una serie de roles clave en el ámbito de la cartografía y los sistemas de información geográfica (GIS). Comencé como Editor Cartográfico Catastral en 2014, donde me ocupé de la edición gráfica de información levantada en campo, así como del control de calidad y validación de cartografía. Posteriormente, como Especialista en Cartografía entre 2015 y 2016, llevé a cabo el análisis de información cartográfica, la elaboración de planos catastrales y temáticos, y utilicé ortofotos e imágenes satelitales. En 2019-2020, trabajé como Técnico en Edición Gráfica, editando planos catastrales en AutoCAD, coordinando procesos de edición y subsanando inconsistencias gráficas. Luego, en 2020, asumí el rol de Técnico de Control de Calidad, realizando el control de calidad de edición gráfica preliminar. En 2021, continué en funciones de control de calidad como Control de

Edición Gráfica Preliminar, supervisando la edición de lotes catastrales según los procedimientos establecidos. Además, asumí responsabilidades como Analista GIS, vinculando, validando y migrando la Base de Datos Catastral. En 2022, me especialicé aún más como Especialista en Sistema de Información Geográfica, validando y migrando planos de pueblos formalizados e inscritos, identificando inconsistencias y elaborando informes detallados sobre mis actividades.

Zona Registral N° IX – SUNARP

En 2016, como Técnico en Catastro, me dediqué a la depuración, limpieza, etiquetado y migración de bases gráficas, así como a la recopilación y organización de información para la reconstrucción histórica y gráfica de predios.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)

En 2017, desempeñé el rol de Automatizador Cartográfico, donde me encargué de la georreferenciación de viviendas rurales y la vinculación de datos censales. Además, como Segmentista, participé en la verificación y delimitación de áreas urbanas y rurales para encuestas, realicé seguimiento de cambios en conglomerados y brindé asistencia en actividades de campo.

Corporación de Proyectos Prediales S.A.C. (CORPPRESAC)

Como Técnico en Ingeniería y SIG entre 2017 y 2019, me dediqué a la búsqueda de predios, la realización de RFT y FVT, la elaboración de planos perimétricos y de subdivisión, así como a la presentación de búsquedas catastrales en SUNARP.

Ministerio de Energía y Minas (MINEM) – Fondo de Inclusión Social Energético (FISE)

Desde 2023 hasta la fecha, me desempeño como Especialista GIS, centrando mis labores en el desarrollo y análisis de información geográfica para los programas del FISE. Esto incluye la elaboración de mapas de usuarios y potenciales usuarios, así como la validación y actualización de datos geográficos del Sistema BonoGas mediante reportes GIS. Además, evalué la viabilidad cartográfica de proyectos de redes considerando la ubicación y los niveles socioeconómicos de los beneficiarios, y me encargué del mantenimiento y actualización de la geodatabase del programa BonoGas. Asimismo, he elaborado mapas temáticos específicos y documentado procesos de datos en el transcurso de mis responsabilidades.

1.2. Descripción de la institución

El Ministerio de Energía y Minas (MINEM) desempeña un papel crucial en la administración del Fondo de Inclusión Social Energético (FISE), una iniciativa destinada a brindar apoyo a las familias más necesitadas del país. A través del FISE, el MINEM se compromete a garantizar que aquellos en situación de vulnerabilidad tengan acceso a servicios básicos de energía, como electricidad y combustibles, que son fundamentales para su bienestar y desarrollo.

El FISE representa un importante instrumento de política pública que busca reducir las disparidades sociales y promover la inclusión energética en todas las regiones del país. Para lograr estos objetivos, el MINEM trabaja en estrecha colaboración con diversos actores, incluidos gobiernos locales, organizaciones no gubernamentales y agencias internacionales. Esta colaboración se traduce en la implementación de programas y proyectos específicos que abordan las necesidades energéticas de las comunidades más vulnerables.

El área del Especialista GIS se distingue por su capacidad técnica en la gestión de sistemas de información geográfica, así como por sus habilidades para coordinar y ejecutar

proyectos complejos en el sector energético. Su trabajo mejora la calidad de vida de muchas comunidades al optimizar el uso de recursos energéticos en el Perú.

En resumen, el Ministerio de Energía y Minas, a través del Fondo de Inclusión Social Energético, desempeña un papel fundamental en la garantía de acceso a servicios básicos de energía para las familias más vulnerables del país. Su compromiso con la inclusión energética y el uso sostenible de los recursos naturales contribuye significativamente a la mejora de la calidad de vida y el desarrollo sostenible de las comunidades más necesitadas. Además, el área del Especialista GIS destaca por su gestión técnica de sistemas de información geográfica y la ejecución de proyectos complejos en el sector energético, mejorando la calidad de vida en muchas comunidades peruanas.

- **Misión:**

La misión del Fondo de Inclusión Social Energético (FISE) es facilitar el acceso equitativo a servicios básicos de energía para poblaciones vulnerables, a través de subsidios y programas de apoyo.

- **Visión:**

Su visión es convertirse en un referente en la promoción de la inclusión energética, contribuyendo al bienestar y desarrollo de comunidades en situación de vulnerabilidad en el país.

1.4. Áreas y funciones desempeñadas

Actualmente, me desempeño como Especialista en GIS dentro del Área de TIC, donde llevo a cabo las siguientes funciones:

- Realizar la creación, edición y análisis de información geográfica para los diversos programas del FISE. Este proceso asegura que los datos geoespaciales sean precisos y útiles para la planificación y ejecución de los proyectos.
- Desarrollar mapas geográficos de usuarios y potenciales usuarios de los programas del FISE, personalizándolos según las necesidades de cada programa. Estos mapas pueden segmentarse por departamentos, provincias, distritos o concesionarios.
- Ejecutar el análisis de catastros estratificados publicados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y redes de distribución por ductos de gas natural de las empresas concesionarias para el programa BonoGas. Este análisis es fundamental para la planificación y optimización de las redes de distribución de gas natural.
- Registrar el proceso de verificación implementado en cada proyecto. Esta documentación asegura la transparencia y la trazabilidad de los procedimientos empleados.
- Efectuar la gestión, validación y actualización de la información sobre las áreas geográficas (manzanas) del Sistema BonoGas. Utilizando los datos observados durante el proceso de liquidación para generar reportes GIS que aseguren la precisión de la información.

En todas estas funciones, mantengo una comunicación constante con el Director General de Hidrocarburos, asegurando que todas las actividades se realicen conforme a las directrices establecidas y se ajusten a las necesidades del programa BonoGas y otros programas del FISE.

II. USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE APROBACIÓN DE PROYECTOS DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DOMICILIARIA

El presente capítulo aborda mi experiencia profesional en el ámbito de la ingeniería geográfica en el Fondo de Inclusión Social Energético (FISE), específicamente en los proyectos de Distribución de gas natural domiciliaria utilizando el sistema de información geográfica considerando los parámetros de verificación y asignación precisa de estratos socioeconómicos, inclinación del terreno, tipo de suelos, hidrografía y sitios arqueológicos en áreas de estudio específicas dentro de una ciudad o distrito. Para ello, se optimiza la aplicación de estas variables utilizando herramientas de sistemas de información geográfica (SIG). En este caso particular, el estudio se desarrolló en una zona específica de Sullana, Piura. Antes de implementar las metodologías, se formuló una pregunta clave:

- ¿Es posible optimizar los procesos de aprobación de proyectos de distribución de gas natural domiciliaria haciendo uso de Sistemas de Información Geográfica?

Con los parámetros de desempeño, las capas de apoyo y las herramientas SIG aplicables para este proyecto, se procede a una optimización eficaz y selectiva, garantizando así la eficiencia y precisión en la planificación y aprobación del proyecto de distribución de gas natural domiciliaria.

El desarrollo de los procesamientos de las herramientas SIG abarca en la optimización de los procesos de aprobaciones de proyectos de distribución de gas natural domiciliaria en zonas residenciales y de nivel socioeconómico de estratos bajo, medio bajo y medio según las clasificaciones dadas en los planos estratificados publicados por el INEI y los criterios de la aplicación del mecanismo de promoción de gas natural en zonas residenciales, en el distrito de Sullana – Piura.

La optimización aplicando las herramientas desarrolladas se direccionan bajo una lista de parámetros según la ubicación de la zona, para este caso por encontrarse en el departamento de Piura se tomarán datos adquiridos publicados a nivel nacional de la determinada zona.

2.1. Objetivos

2.1.1. *Objetivo general*

- Optimizar los procesos de aprobación de proyectos de distribución de gas natural domiciliaria usando el Sistemas de Información Geográfica (SIG) en Sullana – Piura.

2.1.2. *Objetivos específicos*

- Evaluar los proyectos de distribución de gas natural domiciliaria que presentan las empresas.
- Determinar los parámetros de desempeño del sistema de información geográfica aplicando los criterios de priorización según el tipo residencial de acuerdo con la normativa vigente.
- Diseñar la estructura para una Geodatabase de los proyectos de gas natural aprobados.
- Elaborar un flujo de trabajo para los procesos de aprobación de proyectos de gas natural utilizando la herramienta SIG.

2.2. Metodología

La metodología se centra en la optimización de procesos de análisis geoespacial y asignación de estratos para proyectos de distribución de gas natural domiciliaria utilizando ArcGIS Pro y Scripts programados en Python con la librería ArcPy. Se emplean análisis de superposición y proximidad para evaluar la adecuación geográfica de áreas de estudio y su viabilidad para proyectos de gas natural. Para Alburto y Alfaro (2022) El uso de software especializado como Python es crucial, ya que no solo actúa como herramienta, sino como un

componente esencial en el desarrollo y comprensión de experimentos en diversas asignaturas y laboratorios. Automatizando cálculos, Python reduce errores y optimiza el tiempo. Además, su capacidad para generar datos, tablas y gráficos lo convierte en una guía personalizada que enriquece la formación integral de los estudiantes.

Estos scripts optimizan tareas complejas y repetitivas, incrementando la eficiencia y precisión en la gestión de datos espaciales. Además, se determinaron parámetros de desempeño para el uso eficiente de las herramientas SIG desarrolladas en los proyectos de aprobación de gas natural.

2.2.1. Procedimientos

2.2.1.1. Evaluar los proyectos de distribución de gas natural domiciliaria. En este ítem, se detalla el procedimiento seguido para manejar la información de los proyectos de gas natural.

- **Revisión Topológica de la información de los proyectos de gas natural**

Inicialmente, los datos se reciben en formato Shapefile, el cual es convertido a formato Feature Class y almacenado en una Geodatabase. Una vez completada esta conversión, se procede a realizar el proceso de validación topológica.

Durante la validación topológica, se verifica que la información cumpla con los estándares de calidad y precisión establecidos. Si se detectan deficiencias o errores en los datos, estos son reportados a la empresa concesionaria de gas natural para su corrección. Este ciclo de verificación y corrección se repite tantas veces como sea necesario, hasta que la información no presente errores y cumpla con los campos mínimos solicitados y con la calidad requerida.

Este enfoque asegura que la información final sea precisa y confiable, garantizando la integridad de los datos almacenados en la Geodatabase. Además, permite mantener una comunicación continua y efectiva con las empresas de proyectos de gas natural, facilitando un proceso de mejora constante en la calidad de los datos entregados.

Tabla 3

Definición de campos mínimos solicitados en los proyectos

Campos	Definiciones
Ubigeo	Código de Ubicación Geográfica de seis dígitos de cada distrito del Perú.
Manzana	Código de manzana determinado por la empresa concesionaria para su localización geográfica específica.
Estrato	Clasificación socioeconómica de manzanas, definida por el INEI, en cinco categorías: Bajo (1), Medio Bajo (2), Medio (3), Medio Alto (4) y Alto (5). Para las manzanas sin estratificación, se utiliza la clasificación "Sin Estrato" (0).
Proyecto	Código asignado por la empresa concesionaria a un conjunto de manzanas involucradas en un proyecto específico.

Nota. En la tabla se detalla cada una de las definiciones de los campos mínimos solicitados en los proyectos.

2.2.1.2. Determinar los parámetros de desempeño. Para este ítem, se verifica si las manzanas de los proyectos enviados por la empresa concesionaria se superponen con las manzanas estratificadas por el INEI. En caso de no haber superposición, se informa a las empresas de proyectos de gas natural para que realicen las modificaciones necesarias en los proyectos. Este proceso se repite hasta que al menos el 70% de las manzanas del proyecto se superpongan con las manzanas estratificadas por el INEI.

Una vez alcanzado este umbral de superposición, se valida que las manzanas superpuestas pertenezcan a las clasificaciones de estrato socioeconómico Bajo (1), Medio Bajo (2) o Medio (3). Este proceso se realiza en cumplimiento con la RM N° 352-2023-MINEM-DM, que en su Artículo 1 establece: “Dispone la aplicación del Mecanismo de Promoción para la conexión de consumidores residenciales de los niveles socioeconómicos de los estratos

medio, medio bajo y bajo según el plano estratificado a nivel de manzana por ingreso per cápita del hogar, desarrollado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, 2020".

Si las manzanas cumplen con los establecido en la RM, se procede con la respectiva determinación de estratos INEI. En caso de que existan manzanas que no tengan las clasificaciones de estratos socioeconómicos detallados en la Resolución mencionada, se informará a las empresas de proyectos de gas natural que aquellas manzanas no podrán ser aplicadas al mecanismo de promoción y deberán ser excluidas del proyecto.

Este enfoque garantiza que los proyectos cumplan con los requisitos establecidos por el marco normativo, asegurando que las conexiones se realicen en áreas designadas para los estratos socioeconómicos especificados. Para Garcia (2023) Se menciona que los datos económicos son cruciales para el análisis del territorio en estudio, ya que permiten determinar el nivel socioeconómico de la zona, lo que es fundamental para elaborar una estrategia comercial adecuada.

La iteración constante entre la verificación y la corrección asegura que los proyectos se alineen con los objetivos de la RM N° 352-2023-MINEM-DM, contribuyendo a la correcta aplicación del Mecanismo de Promoción.

Nuestro primer parámetro, denominado "Manzanas Estratificadas", se basa en las manzanas que tienen estratificación INEI. Este parámetro se utilizará para determinar el total de manzanas estratificadas dentro del rango establecido, de manera que se pueda validar el acta de las manzanas correctas, permitiendo así el avance del proyecto.

Una vez identificado nuestro primer parámetro, se procederá a determinar los siguientes parámetros: "Pendientes", "Suelos", "Hidrografías" y "Sitios Arqueológicos".

➤ **Manzanas Estratificadas:** Hace referencia a las manzanas que tienen la correcta estratificación del INEI. Estas manzanas son fundamentales para asegurar que el proyecto se está llevando a cabo en las áreas socioeconómicas designadas.

- **Pendientes:** Este parámetro se utiliza para comunicar y alertar a la empresa concesionaria sobre el grado de inclinación del terreno. Con esta información, la empresa concesionaria puede tomar medidas preventivas necesarias para la construcción y el mantenimiento de las infraestructuras del proyecto.
- **Suelos:** Este parámetro se emplea para informar a la empresa concesionaria sobre la clase de suelo presente en las manzanas evaluadas. Conocer el tipo de suelo es crucial para determinar la viabilidad del proyecto y las técnicas de construcción más adecuadas.
- **Hidrografías:** Este parámetro detecta y comunica la cantidad y la proximidad de cuerpos de agua (ríos) dentro de un radio de 250 metros de las manzanas estratificadas. Esta información es vital para evaluar riesgos de inundación y planificar infraestructuras adecuadas para mitigar estos riesgos.
- **Sitios Arqueológicos:** Este parámetro es crucial para detectar y notificar a la empresa concesionaria, permitiéndole tomar las medidas adecuadas en caso de identificar la presencia de sitios arqueológicos a una distancia de 250 metros. Esto es fundamental para evitar cualquier interferencia o alteración de los sitios arqueológicos y garantizar su preservación.

2.2.1.3. Diseñar una estructura para la Geodatabase de los proyectos aprobados. Este diseño es fundamental para garantizar que los scripts desarrollados se ejecuten sin problemas. Al definir estos parámetros de manera precisa, se asegura que la geometría integral de las manzanas con estratos, pendientes, manzanas con pendientes, datos de pendientes, suelos, manzanas con suelos, datos de suelos, hidrografías y sitios arqueológicos, es decir, los parámetros previamente establecidos, estén correctamente integrados. Esto permite una ejecución fluida y precisa de los scripts.

Los parámetros mencionados se organizan en capas almacenadas dentro de un dataset, que a su vez se encuentra en una geodatabase. En total, se tienen nueve capas principales. La capa de "Sitios Arqueológicos" se subdivide en tres subcapas: "Monumentos Arqueológicos

Declarados", "Monumentos Arqueológicos Delimitados" y "Red Vial Qhapaq Ñan" que a la vez sirve como capa de apoyo.

Además, se incluirán capas de apoyo para complementar el análisis visual. Estas capas de apoyo son "Centros Poblados", "Límite Distrital", "Límite Provincial", "Límite Departamental", "Red Vial Nacional", "Red Vial Departamental", "Red Vial Vecinal", "Suelo Piura", "Rios y Quebradas", "Estratos INEI", "Tabla de Pendientes", "Tabla de Suelos" y "Raster". Estas capas adicionales permiten una mejor contextualización y análisis del entorno geográfico.

En total, se contará con veinticuatro capas: trece de tipo polígonos, seis de tipo líneas, dos de tipo puntos, dos de tipo tabla y uno de tipo raster. Estas capas abarcan una amplia gama de datos geospaciales, esenciales para un análisis integral y preciso.

2.2.1.4. Elaborar un flujo de trabajo para los procesos de aprobación de proyectos de gas natural. Los proyectos destinados a la masificación del Gas Natural son asignados a la empresa concesionaria que haya ganado la correspondiente concesión. Estas empresas concesionarias son responsables de la elaboración y presentación de varios documentos esenciales para la correcta ejecución del proyecto. Entre estos documentos se encuentran el acta del proyecto, el cronograma del proyecto y los planos detallados del mismo.

Una vez preparados, estos documentos deben ser aprobados por el Ministerio de Energía y Minas, a través del Fondo de Inclusión Social y Energético (FISE). Es fundamental que la empresa concesionaria envíe la documentación en los formatos específicos requeridos, que incluyen archivos shapefile, hojas de cálculo en Excel y documentos en formato PDF.

Una vez que el FISE aprueba estos documentos, se procede a enviar los formatos correspondientes a Osinergmin (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería). Los formatos proporcionados por el FISE a Osinergmin están contenidos en diferentes tipos de

archivos: feature class dentro de un dataset en una geodatabase, archivos Excel, archivos kmz y documentos PDF.

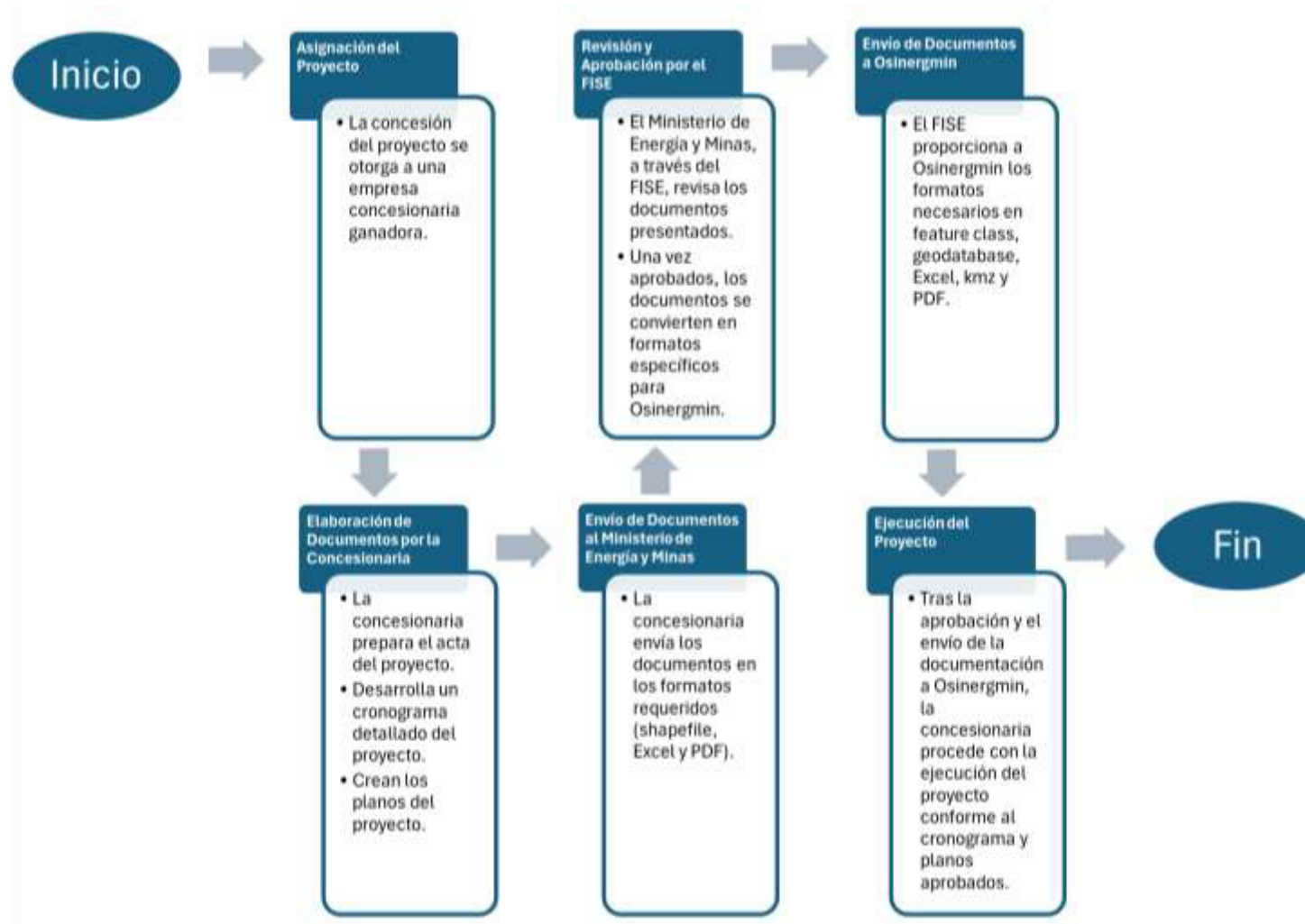
Este proceso asegura que todas las partes involucradas trabajen con información coherente y en formatos adecuados, garantizando así una comunicación efectiva y una aprobación eficiente de los proyectos de gas natural. La coordinación y precisión en la entrega y revisión de la documentación son cruciales para el éxito de estos proyectos, asegurando que se cumplan los estándares y plazos establecidos.

La optimización exitosa de estos proyectos contribuye significativamente al desarrollo energético del país, promoviendo una fuente de energía más limpia y económica. Además, los proyectos de gas natural tienen un impacto positivo en el medio ambiente al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes. Por lo tanto, el cumplimiento riguroso de los procedimientos y la colaboración efectiva entre las empresas de gas natural, el FISE y Osinergmin son esenciales para el logro de estos objetivos y para asegurar una transición energética sostenible y equitativa para todos los ciudadanos.

El flujo general de estos proyectos puede resumirse en un gráfico que ilustra las etapas y la interacción entre las partes involucradas:

Figura 2

Flujo de desarrollo de los procesos de aprobación de los proyectos



- **Plazos de trabajo de los procesos de aprobación de los proyectos**

Para la elaboración de los procesos, se han programado plazos específicos para cumplir en un tiempo determinado, considerando factores como la recepción, verificación, análisis, validación y envío de la información a las partes correspondientes.

Estos cinco factores representan los plazos esenciales que deben cumplirse para la aprobación de proyectos de distribución de gas natural domiciliaria:

- **Recepción de la información:** Plazo en días asignado a las empresas para enviar la información solicitada.
- **Verificación de la información:** Plazo en días que el FISE tiene para llevar a cabo una exhaustiva verificación de la información recibida.
- **Análisis de la información:** Plazo en días que el FISE dispone para realizar un análisis detallado de la información verificada.
- **Validación de la información:** Plazo en días que el FISE tiene para validar correctamente la información analizada.
- **Envío de la información:** Plazo en días que el FISE necesita para enviar la información validada a Osinergmin.

Estos plazos no solo abarcan el proceso principal de aprobación, sino que también incluyen tiempos adicionales necesarios para atender y resolver cualquier observación que pueda surgir durante el proceso. Esta planificación detallada garantiza que cada etapa se complete de manera ordenada y eficiente, permitiendo una transición fluida entre las diferentes fases del proyecto y asegurando que todos los requisitos regulatorios y técnicos se cumplan en tiempo y forma. Además, una gestión rigurosa de estos plazos es crucial para mantener la coordinación entre la empresa concesionaria y las entidades gubernamentales, facilitando la aprobación exitosa de los proyectos de distribución de gas natural domiciliaria. Los tiempos se evidencian en la siguiente tabla.

Tabla 4

Intervalos de tiempo para procesar los factores

Factores	Días
Recepción de la información	3
Verificación de la información, Análisis de la información y Validación de la información	2
Envío de la información	2
Total	7

Nota. En la tabla se detallan los días necesarios para procesar cada factor en cada intervalo de tiempo.

- **Creación de las herramientas en ArcGIS con la librería ArcPy**

La optimización exitosa de los procesos de aprobación de proyectos de gas natural requiere una gestión meticulosa de datos geospaciales en todas las etapas, desde la planificación inicial hasta la aprobación final. En este contexto, ArcPy, integrado en el entorno de ArcGIS, emerge como una herramienta esencial para optimizar una variedad procesos de tareas geospaciales críticas para estos proyectos estratégicos. A continuación, se explora en detalle cómo ArcPy facilita la creación de herramientas específicamente adaptadas para la aprobación de proyectos de gas natural.

La fase inicial de cualquier proyecto de gas natural implica la integración de datos geospaciales provenientes de diversas fuentes. ArcPy permite una importación fluida de datos desde formatos estándar como shapefiles, geodatabases y archivos CSV hacia el entorno de ArcGIS. Más aún, la capacidad de ArcPy para validar automáticamente los formatos y contenidos de estos datos asegura que estén libres de errores antes de cualquier análisis subsiguiente. Este proceso no solo garantiza la coherencia y la integridad de los datos, sino que

también prepara una base sólida para las decisiones estratégicas que se tomarán en las etapas posteriores del proyecto.

Durante la fase de análisis, ArcPy despliega su potencial al identificar áreas óptimas de cobertura y al modelar redes de distribución de manera precisa. Utilizando información detallada de la infraestructura existente, ArcPy permite a los planificadores y gestores del proyecto evaluar diversas alternativas para la expansión de la red de gas natural. Este análisis no solo optimiza la utilización de recursos, sino que también ayuda a minimizar costos y maximizar la eficiencia operativa, asegurando así una implementación efectiva y económicamente viable del proyecto.

La optimización es clave para mantener la eficiencia en proyectos de gas natural. ArcPy facilita esta tarea mediante el desarrollo de scripts de geoprocésamiento que automatizan actividades rutinarias como la generación de informes, la actualización de bases de datos y la preparación de mapas. Esta capacidad no solo reduce la carga de trabajo manual, sino que también mejora la precisión y consistencia de los resultados, proporcionando a los equipos de proyecto el tiempo y los recursos necesarios para concentrarse en tareas estratégicas y de valor agregado. Para Puentes (2023) Desarrolla un script que cree archivos y mapas segmentados, incorporando una dinámica de trabajo que permita la revisión continua de los mapas generados en el servidor mientras el script se ejecuta. Esta funcionalidad permite a los participantes reubicar información y realizar un control de calidad en tiempo real, mejorando o corrigiendo los mapas conforme sea necesario.

ArcPy no solo facilita la exportación de resultados de análisis a formatos estándar como Excel, PDF y KMZ, sino que también permite la creación de mapas temáticos y visualizaciones dinámicas. Estos recursos visuales son cruciales para comunicar hallazgos clave y áreas críticas identificadas durante el análisis geoespacial. Además, proporcionan una herramienta efectiva

para la toma de decisiones informadas y la comunicación efectiva con todas las partes interesadas involucradas en el proyecto de gas natural.

La adopción de ArcPy para la creación de herramientas en ArcGIS representa un avance significativo en la gestión integral y eficiente de proyectos de gas natural. Al aprovechar la optimización, realizar análisis detallados y generar reportes precisos, ArcPy fortalece la capacidad de planificación estratégica y toma de decisiones, contribuyendo así al desarrollo energético sostenible y al bienestar de las comunidades afectadas positivamente por estos proyectos. En un panorama global de creciente demanda energética, ArcPy se posiciona como una herramienta indispensable para impulsar la eficiencia y la sostenibilidad en la infraestructura de gas natural a través de una gestión avanzada de datos geoespaciales.

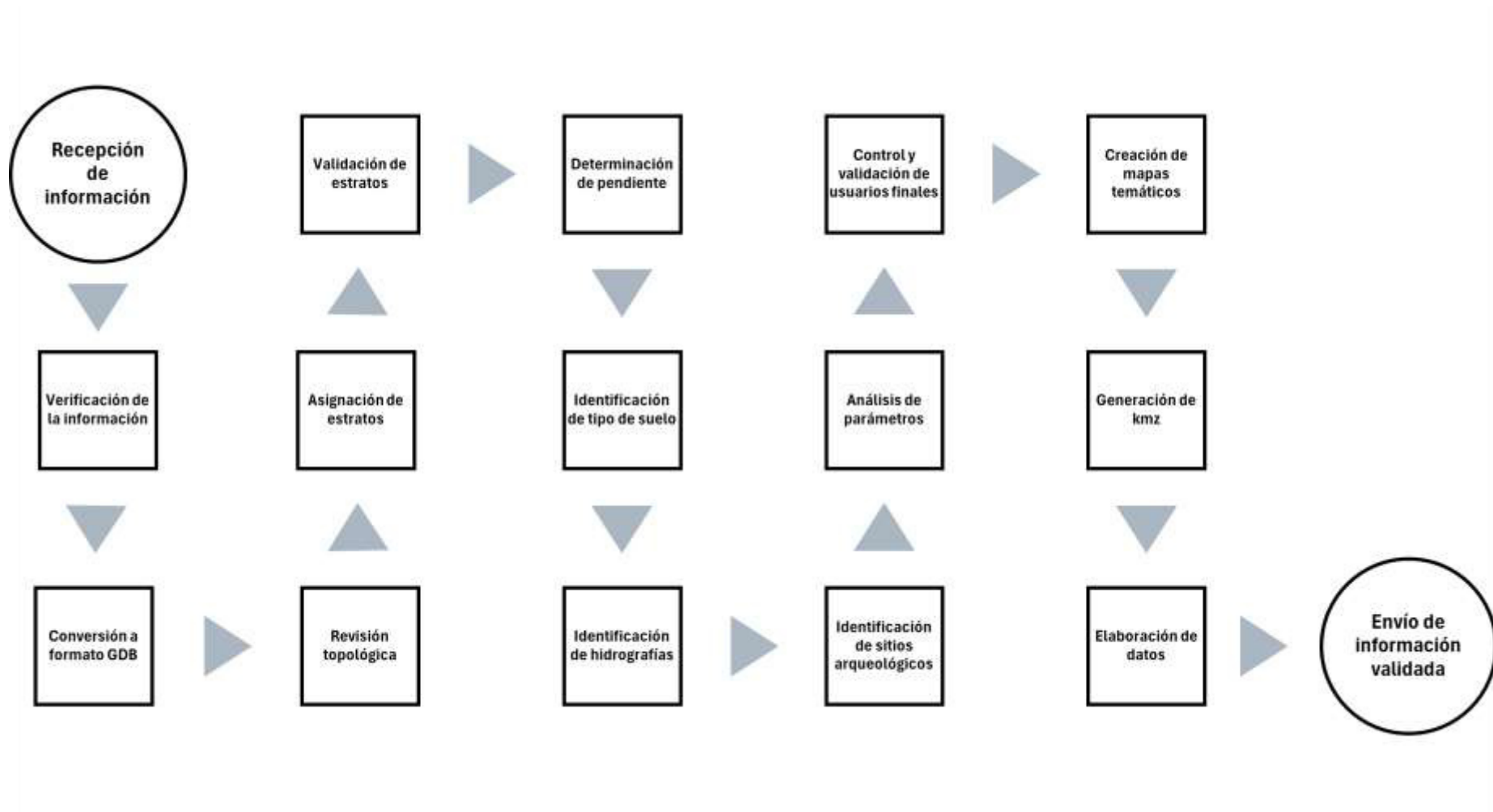
- **Análisis de los procesos de aprobación de los proyectos**

El proceso de aprobación de proyectos de gas natural comienza con la recepción de la información de los proyectos de la empresa concesionaria. Esta información es luego verificada y sometida a una revisión topológica para asegurar la precisión de los datos espaciales. Posteriormente, se procede con la determinación de estratos y la definición de parámetros clave. Un paso crucial es el desarrollo de una geodatabase, seguido por el control y validación exhaustiva de la información de los proyectos. Finalmente, se lleva a cabo la definición de los usuarios finales y el envío de la información necesaria.

Anteriormente, estos procesos se realizaban de manera manual, desde la recepción de la información hasta la validación, lo que generaba un impacto significativo en los recursos asignados, tanto en términos de personal como de software y hardware.

Figura 3

Procesos de aprobación de proyectos de gas natural



Para optimizar los procesos omitidos en la aprobación, se introdujeron herramientas automatizadas personalizadas utilizando el lenguaje de programación Python y su amplia variedad de librerías. Esta implementación ha permitido transformar y modernizar significativamente el flujo de trabajo. Gracias a la versatilidad y potencia de Python, se pudieron desarrollar soluciones específicas que responden a las necesidades particulares de cada proyecto, logrando una optimización del 83.6% de todos los procesos involucrados en la aprobación de proyectos.

Los scripts desarrollados no solo son altamente adaptables, sino que también cumplen rigurosamente con todos los requisitos específicos del proyecto. Esta adaptabilidad asegura que las herramientas SIG desarrolladas puedan ajustarse a distintos escenarios y modificaciones en los proyectos sin necesidad de reescribir grandes segmentos de código. Además, la robustez de las librerías de Python garantiza que los procesos optimizados sean precisos y eficientes. Para Castillo et al. (2023) Se presenta una metodología para automatizar el procesamiento del análisis exploratorio de datos y el cálculo de parámetros geoquímicos empleando medidas de tendencia central. Esta metodología se implementa mediante el desarrollo de un script en Python, un lenguaje de programación de código abierto. El objetivo principal de este método es disminuir el tiempo de procesamiento, el cual frecuentemente implica procedimientos mecánicos o rutinarios.

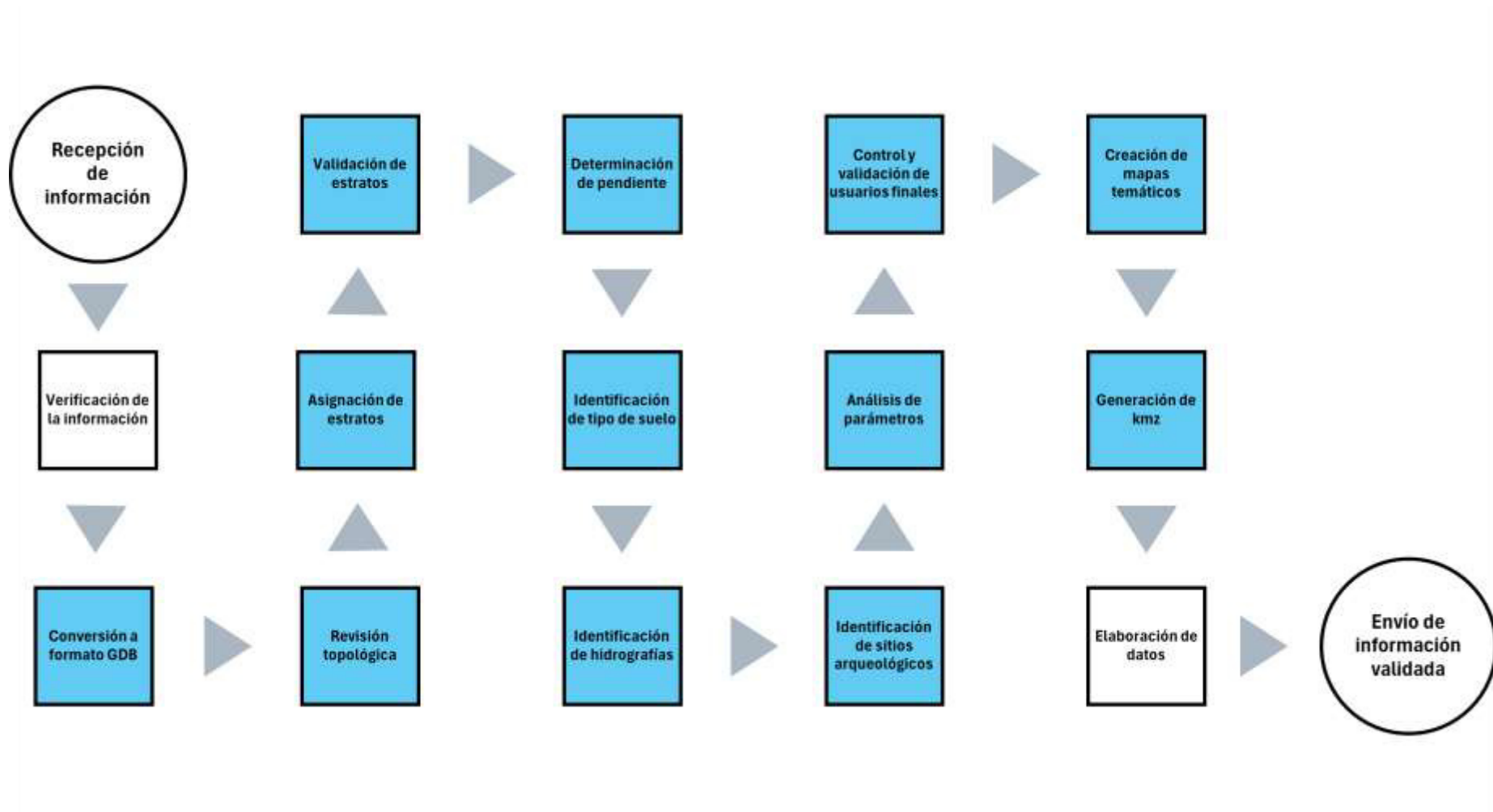
La modernización de estos procesos ha mejorado considerablemente la eficiencia y la precisión del proceso de aprobación. La optimización ha permitido una gestión más efectiva de los recursos humanos y técnicos, liberando tiempo y reduciendo la posibilidad de errores humanos. Esto, a su vez, ha asegurado una mayor calidad en la aprobación de proyectos de distribución de gas natural domiciliaria. Para Cruz (2023) Realizó la optimización y automatización del proceso de gestión de información en el área de operaciones de Perú LC Factoring S.A.C., con el fin de mejorar la calidad de los servicios de la empresa y ofrecer un

mayor valor agregado en comparación con la competencia. Para lograrlo, se optó por utilizar los lenguajes de programación de alto nivel Python y Visual Basic for Applications.

En resumen, la introducción de herramientas SIG personalizadas ha revolucionado la forma en que se gestionan los procesos de aprobación. No solo se ha logrado una optimización significativa, sino que también se ha establecido un nuevo estándar de calidad y eficiencia. Esta transformación tecnológica asegura que los proyectos de gas natural no solo se completen a tiempo y dentro del presupuesto, sino que también cumplan con los más altos estándares de precisión y calidad. Los procesos que se optimizaron están resaltados en el siguiente gráfico.

Figura 4

Procesos de aprobación de proyectos de gas natural automatizados



- **Diseño de las herramientas personalizadas**

Todo parte desde una geodatabase, la cual constituye el núcleo de la gestión y almacenamiento de datos espaciales relacionados con los proyectos de aprobación de gas natural. Esta geodatabase alberga la geometría de cada capa involucrada en estos proyectos, proporcionando una representación detallada y organizada de los elementos espaciales relevantes. La importancia de una geodatabase radica en su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos espaciales de manera eficiente y permitir un acceso y análisis precisos.

Sin embargo, la geodatabase no está exenta de errores inherentes a la naturaleza compleja de los datos espaciales. Uno de los problemas más comunes es la presencia de errores topológicos, como la superposición de polígonos, la desconexión de líneas y otros problemas de integridad geométrica. Estos errores pueden surgir por diversas razones, incluyendo la imprecisión en la captura de datos, la falta de control de calidad en el proceso de digitalización o incluso por incompatibilidades entre diferentes fuentes de datos. Detectar y corregir estos errores es crucial para garantizar la fiabilidad y precisión de la información almacenada.

Además de los errores topológicos, otro desafío significativo es la incompletitud de la información asociada a los proyectos de gas natural. En muchos casos, los datos que llegan a la geodatabase no incluyen toda la información necesaria o presentan inconsistencias en los atributos asociados. Esto puede dificultar la integración de datos y su posterior análisis. La ausencia de datos clave puede impedir una correcta evaluación de los proyectos y comprometer la toma de decisiones basadas en esos datos.

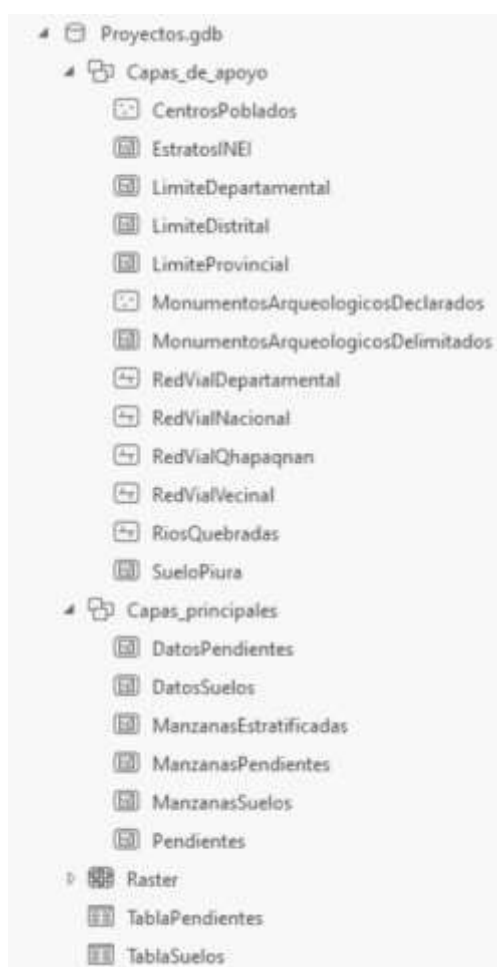
Para abordar estos desafíos, es esencial implementar procedimientos de control de calidad y validación de datos. Esto incluye la revisión exhaustiva de las geometrías almacenadas, la aplicación de reglas topológicas para identificar y corregir errores, y la verificación de la integridad de los atributos asociados a cada capa. Adicionalmente, es fundamental establecer un flujo de trabajo que facilite la actualización y mantenimiento

continuo de la geodatabase, asegurando que los nuevos datos se integren de manera coherente y sin introducir errores.

Finalmente, es crucial proporcionar una estructura clara y bien organizada de la geodatabase. Esto implica definir con precisión las capas y subcapas, establecer relaciones entre ellas y documentar los metadatos relevantes. Una estructura bien definida no solo mejora la eficiencia en la gestión de datos, sino que también facilita el acceso y uso por parte de los diferentes actores involucrados en los proyectos de gas natural.

Figura 5

Representación visual de la geodatabase



Nota: En la imagen se muestra la estructura de la geodatabase correspondiente a las capas de los proyectos.

Aquí se presenta una evidencia clara de cómo las empresas de gas natural envían la información correspondiente a las manzanas que integrarán los proyectos de masificación del gas natural. En una primera inspección, el plano proporcionado por las empresas puede parecer impecable, sin aparentes errores evidentes. Sin embargo, la complejidad y precisión requeridas en estos proyectos demandan un análisis más profundo para asegurar la exactitud de los datos proporcionados.

Las herramientas especializadas juegan un papel crucial en este contexto. A través del uso de tecnologías avanzadas de detección y corrección de errores, es posible identificar problemas que no son visibles a simple vista. Estas herramientas permiten la validación automática de las geometrías, asegurando que no existan errores topológicos como superposiciones, huecos, o líneas no conectadas que puedan comprometer la integridad del proyecto. La detección automática de estos errores es fundamental, ya que manualmente sería un proceso largo y propenso a fallos, especialmente cuando se trata de grandes volúmenes de datos.

En conclusión, aunque a primera vista la información enviada por la empresa de gas natural puede parecer libre de errores, es esencial contar con herramientas avanzadas para la detección y corrección de errores. Estas tecnologías no solo garantizan la precisión y completitud de los datos, sino que también mejoran la eficiencia del proceso de revisión y validación. Con una correcta implementación y uso, se puede asegurar que los proyectos de aprobación de gas natural domiciliaria se basen en datos sólidos y confiables, lo que es fundamental para el éxito y la sostenibilidad de estos proyectos a largo plazo.

Para asegurar una correcta optimización y gestión de los datos, se desarrollan herramientas específicas que permiten reestructurar la tabla de atributos de manera eficiente. Estas herramientas están diseñadas para realizar varias funciones críticas, facilitan la normalización de los datos, asegurando que todos los atributos sigan un formato consistente. Esto incluye la corrección de nombres de campos, la unificación de unidades de medida y la estandarización de valores categóricos.

Figura 7

Campos y atributos de las manzanas de los proyectos de gas natural

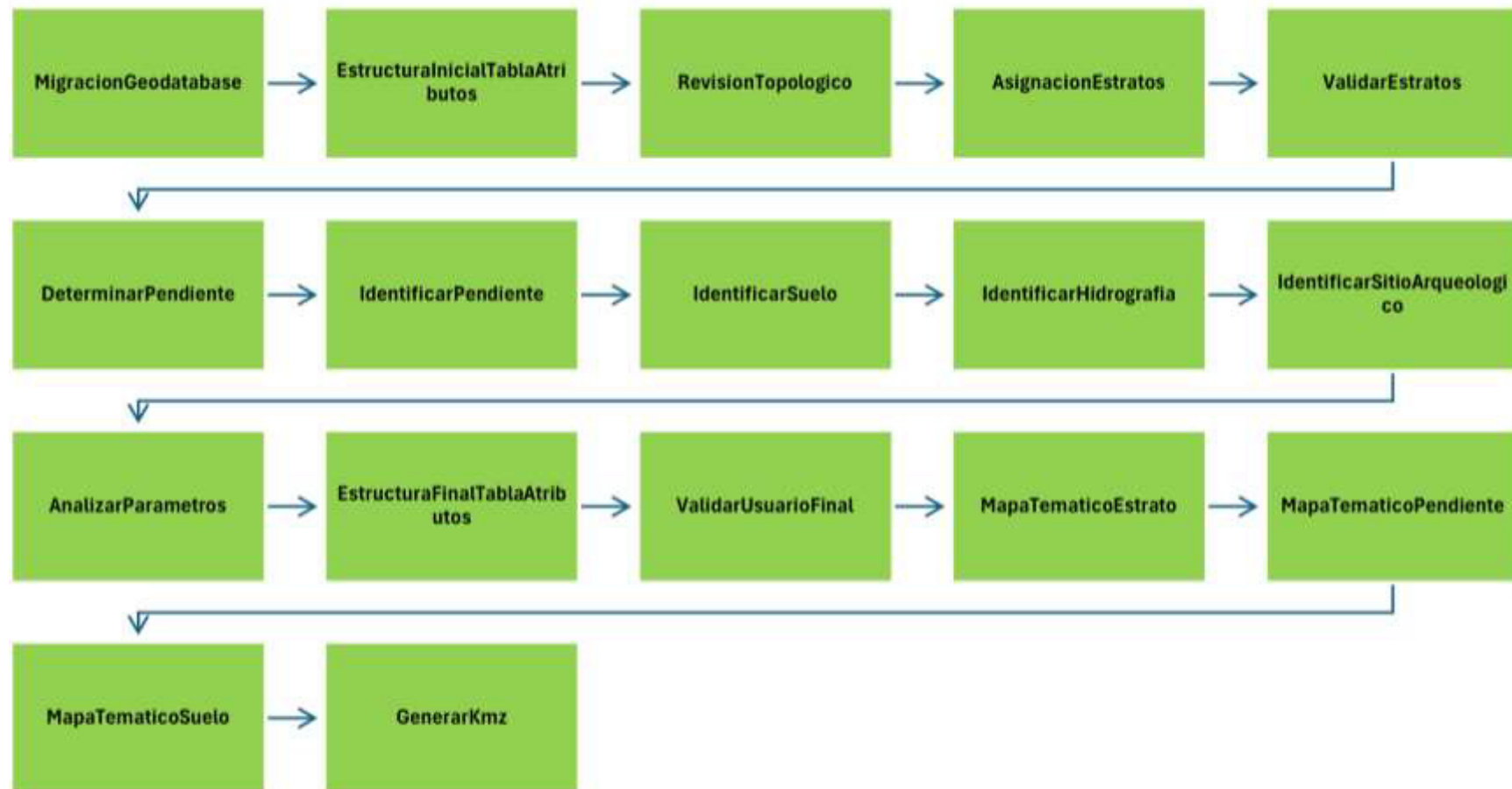
Field: Add Calculate Selection: Select By Attributes Switch Clear Reset Copy														
	FID	Shape *	Departamen	Provincia	Distrito	Codigo_uti	ID_Estrato	Codigo_man	Codigo_uni	Codigo_m_1	ID_proyect	Plano_mans	Codigo_pro	Nombre_pro
1	0	Polygon	20	2006	200601	2006012298	3	2298	16215	E	PY00785	PM-23-014	PE-23-108	SUN - SECTOR - 01 - MALLA - 2910
2	1	Polygon	20	2006	200601	2006012301	3	2301	16217	A	PY00785	PM-23-014	PE-23-108	SUN - SECTOR - 01 - MALLA - 2910
3	2	Polygon	20	2006	200601	2006012310	3	2310	16226	C	PY00785	PM-23-014	PE-23-108	SUN - SECTOR - 01 - MALLA - 2910
4	3	Polygon	20	2006	200601	2006012311	3	2311	16227	D	PY00785	PM-23-014	PE-23-108	SUN - SECTOR - 01 - MALLA - 2910
5	4	Polygon	20	2006	200601	2006012282	4	2282	16517	J	PY00785	PM-23-014	PE-23-108	SUN - SECTOR - 01 - MALLA - 2910

Nota. En la imagen se muestran los campos y atributos que definen las propiedades de las manzanas correspondientes a los proyectos de gas natural.

Por lo tanto, se desarrollaron diecisiete herramientas específicas para cubrir las doce actividades esenciales necesarias para la correcta aprobación de los proyectos de gas natural. Estas herramientas están diseñadas para abordar de manera integral y efectiva cada una de las etapas del proceso de aprobación, asegurando que se cumplan todos los requisitos y estándares necesarios.

Figura 8

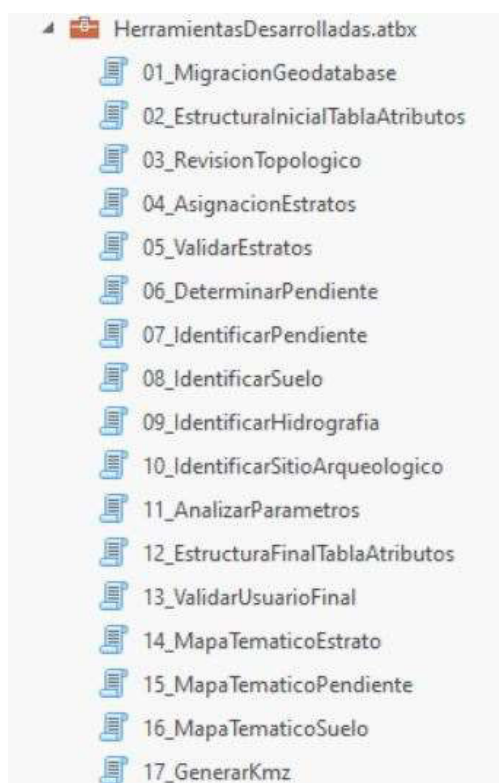
Herramientas creadas para los procesos de aprobación de los proyectos de gas natural



A continuación, se presentarán las herramientas desarrolladas, almacenadas dentro de una caja de herramientas de ArcGIS. Cada una de estas herramientas está diseñada para realizar una actividad específica, y están organizadas en un orden secuencial para que se ejecuten de manera consecutiva. Esta estructuración permite un flujo de trabajo eficiente y coherente, asegurando que cada paso del proceso se complete antes de pasar al siguiente.

Figura 9

Estructura de la caja de herramientas desarrolladas



Nota. En la imagen se muestra una lista organizada de los scripts contenidos en una caja de herramientas desarrollada para la aprobación de proyectos de gas natural.

A partir de ahora, se ofrecerá una descripción general de cada proceso llevado a cabo con las herramientas desarrolladas, proporcionando un análisis detallado de su implementación.

Figura 11

Código de estructura de los atributos de la información de los proyectos

```

import arcpy

# Define las constantes
workspace = "P:\\Departo TIC\\M2 Sistematiza G2\\M2 Programas CIG\\M2 GMR\\Acuero Peru\\Actas Comunal San Pucallpa Perú - Promigas\\Geosig\\SIG\\INM INGENO DATOS\\G2\\M2\\M2\\Proyectos_gm\\Coma_espaciales"
feature_class_name = "BaseFeaturesClass"
geometry_type = "POINT" # Punto (en POINT, POLYGON, POLYGONM, etc.)
spatial_reference = arcpy.SpatialReference(32717)

# Establece el entorno de trabajo
arcpy.env.workspace = workspace

# Crea el Feature Class
arcpy.CreateFeatureclass_management(workspace, feature_class_name, geometry_type, spatial_reference=spatial_reference)

# Define los campos que se agregarán al Feature Class
fields = [
    ("FIELD1", "TEXT", 50),
    ("FIELD2", "FLOAT"),
    ("FIELD3", "DOUBLE"),
    ("FIELD4", "SHORT"),
    ("FIELD5", "LONG"),
    ("FIELD6", "DATE")
]

# Agrega los campos al Feature Class
for field in fields:
    field_name, field_type = field[0], field[1]
    if field_type == "TEXT":
        field_length = field[2] # Longitud para los campos de texto
        arcpy.AddField_management(feature_class_name, field_name, field_type, field_length=field_length)
    else:
        arcpy.AddField_management(feature_class_name, field_name, field_type)

print("Feature class: '{feature_class_name}' creado con los campos especificados en {workspace}")

```

Nota. En la imagen se muestran los pasos estructurados en código de programación para la creación de un script destinado a la elaboración de los atributos de la información de los proyectos.

➤ **Revisión Topológica:** Inicialmente, los datos se reciben en formato Shapefile. Posteriormente, se transforman a formato Feature Class y se almacenan en una Geodatabase para una gestión más eficiente y segura. Una vez realizada esta conversión, se lleva a cabo la validación topológica. En la validación topológica, se comprueba que la información cumpla con los estándares de calidad y precisión establecidos. Este proceso asegura que no existan errores geométricos, como superposiciones o huecos indeseados, y que las relaciones espaciales entre los elementos sean correctas. La validación topológica es esencial para garantizar la integridad y coherencia de los datos geoespaciales, permitiendo su uso confiable en análisis y toma de decisiones. Para Vasquez (2023) La migración de capas a una geodatabase implica una geometría integral, pero no está libre de errores. Las capas de datos presentan errores topológicos, como superposiciones de líneas y puntos, elementos desconectados y tuberías sin una dirección de flujo definida, entre otros problemas técnicos.

Figura 12*Código de estructura de la revisión topológica*

```

1  import arcpy
2
3  # Definir los parámetros
4  workspace = "C:/ruta/a/tu/geodatabase.gdb"
5  feature_dataset_name = "MiFeatureDataset"
6  feature_class_name = "MiFeatureClass"
7  topology_name = "MiTopologia"
8  geometry_type = "POLYGON" # Puede ser POINT, POLYLINE, POLYGON, etc.
9  spatial_reference = arcpy.SpatialReference(32717)
10
11 # Establecer el entorno de trabajo
12 arcpy.env.workspace = workspace
13
14 # Crear una geodatabase si no existe
15 if not arcpy.Exists(workspace):
16     arcpy.CreateFileGDB_management("C:/ruta/a/tu", "geodatabase.gdb")
17
18 # Crear un feature dataset
19 arcpy.CreateFeatureDataset_management(workspace, feature_dataset_name, spatial_reference)
20
21 # Crear un feature class dentro del feature dataset
22 arcpy.CreateFeatureclass_management(f"{workspace}/{feature_dataset_name}", feature_class_name, geometry_type)
23
24 # Crear la topología en el feature dataset
25 arcpy.CreateTopology_management(f"{workspace}/{feature_dataset_name}", topology_name, cluster_tolerance="0.001")
26
27 # Agregar el feature class a la topología
28 arcpy.AddFeatureClassToTopology_management(f"{workspace}/{feature_dataset_name}/{topology_name}",
29                                             f"{workspace}/{feature_dataset_name}/{feature_class_name}", 1, 1)
30
31 # Definir las reglas de la topología
32 rules = [
33     ("Must Not Have Gaps (Area)", feature_class_name, ""),
34     ("Must Not Overlap (Area)", feature_class_name, "")
35 ]
36
37 # Agregar reglas a la topología
38 for rule in rules:
39     rule_type, feature_class_1, feature_class_2 = rule
40     arcpy.AddRuleToTopology_management(f"{workspace}/{feature_dataset_name}/{topology_name}",
41                                       rule_type,
42                                       f"{workspace}/{feature_dataset_name}/{feature_class_1}",
43                                       "",
44                                       f"{workspace}/{feature_dataset_name}/{feature_class_2}" if feature_class_2 else "")
45
46 # Validar la topología
47 arcpy.ValidateTopology_management(f"{workspace}/{feature_dataset_name}/{topology_name}")
48
49 print(f"Topología '{topology_name}' creada y validada con las reglas especificadas en {workspace}/{feature_dataset_name}")

```

Nota. En la imagen se muestran los pasos estructurados en código de programación para la creación de un script destinado a la revisión topológica de las capas de información de los proyectos. Este proceso se lleva a cabo una vez que las capas han sido migradas a una geodatabase. El código de programación valida y corrige eficientemente la integridad topológica de los datos.

➤ **Asignación Estratos:** La asignación de estratos es un proceso automatizado crucial para asignar el estrato INEI a cada manzana del proyecto de gas natural. Este proceso es fundamental para determinar los estratos que se encuentran dentro de los rangos de estrato bajo, medio bajo y medio.

Figura 13

Código de estructura de la asignación de estratos INEI

```

1  import arcpy
2
3  # Parámetros
4  workspace = "C:/ruta/a/tu/geodatabase.gdb"
5  manzanas_fc = "Manzanas"
6  estratos_fc = "Estratos_INEI"
7  campo_estrato = "Estrato_INEI"
8
9  # Establecer el entorno de trabajo
10 arcpy.env.workspace = workspace
11
12 # Agregar el campo de estrato INEI a las manzanas si no existe
13 if campo_estrato not in [f.name for f in arcpy.ListFields(manzanas_fc)]:
14     arcpy.AddField_management(manzanas_fc, campo_estrato, "TEXT", field_length=50)
15
16 # Realizar una unión espacial para asignar los estratos INEI a las manzanas
17 manzanas_estratos_fc = "Manzanas_estratos_join"
18 arcpy.SpatialJoin_analysis(target_features=manzanas_fc,
19                             join_features=estratos_fc,
20                             out_feature_class=manzanas_estratos_fc,
21                             join_type="KEEP_COMMON",
22                             match_option="INTERSECT")
23
24 # Actualizar el campo de estrato INEI en las manzanas con la información de los estratos
25 with arcpy.da.UpdateCursor(manzanas_fc, ["OBJECTID", campo_estrato]) as cursor_manzanas:
26     for row in cursor_manzanas:
27         oid_manzana = row[0]
28         with arcpy.da.SearchCursor(manzanas_estratos_fc, ["OBJECTID", campo_estrato], f"TARGET_FID = {oid_manzana}") as cursor_join:
29             for join_row in cursor_join:
30                 row[1] = join_row[1] # Actualizar el campo de estrato
31                 cursor_manzanas.updateRow(row)
32                 break # Solo necesitamos el primer match
33
34 print("Asignación de estratos INEI completada.")

```

Nota. En la imagen se muestran los pasos estructurados en código de programación para la creación de un script destinado a la asignación de estratos INEI a las manzanas de los proyectos.

➤ **Validar Estratos:** Una vez asignados los estratos a las manzanas, se procede a validar los estratos asignados para confirmar que corresponden correctamente a cada manzana y que se encuentran dentro del rango establecido.

Figura 14

Código de estructura de la validación de asignación de estratos INEI

```

1  import arcpy
2
3  # Parámetros
4  workspace = "C:/ruta/a/tu/geodatabase.gdb"
5  manzanas_fc = "Manzanas"
6  campo_estrato = "Estrato_INEI"
7  rango_estratos_validos = ["Bajo", "Medio Bajo", "Medio"] # Definir los estratos válidos
8
9  # Establecer el entorno de trabajo
10 arcpy.env.workspace = workspace
11
12 # Crear una lista para almacenar las manzanas con estratos inválidos
13 manzanas_con_estratos_invalidos = []
14
15 # Realizar un bucle sobre las manzanas para validar los estratos asignados
16 with arcpy.da.SearchCursor(manzanas_fc, ["OBJECTID", campo_estrato]) as cursor:
17     for row in cursor:
18         oid_manzana = row[0]
19         estrato_inei = row[1]
20         if estrato_inei not in rango_estratos_validos:
21             manzanas_con_estratos_invalidos.append(oid_manzana)
22
23 # Imprimir resultados de la validación
24 if len(manzanas_con_estratos_invalidos) > 0:
25     print("Se encontraron manzanas con estratos INEI no válidos:")
26     for oid in manzanas_con_estratos_invalidos:
27         print(f"Manzana OID {oid}")
28 else:
29     print("Todas las manzanas tienen estratos INEI válidos dentro del rango establecido.")

```

Nota. En la imagen se muestran los pasos estructurados en código de programación para la creación de un script destinado a la validación de la asignación de estratos INEI de las manzanas de los proyectos.

➤ **Determinar Pendiente:** Para determinar las pendientes, se procesaron datos raster que proporcionan información crucial sobre la inclinación del terreno, lo cual resulta invaluable para nuestro análisis.

Figura 15

Código de estructura de la determinación de pendientes

[illegible]

Nota. En la imagen se muestran los pasos estructurados en código de programación para la creación de un script destinado a la determinación de las pendientes de los terrenos de las zonas de los proyectos.

➤ **Identificar Pendiente:** La identificación de pendientes se refiere a asignar las características de pendiente del terreno a las manzanas de los proyectos. Este proceso utiliza información obtenida de las manzanas estratificadas y de la determinación de pendientes.

Figura 16

Código de estructura de la identificación de pendientes

```

1 import arcpy
2
3 # Parámetros
4 workspace = "C:/ruta/a/tu/geodatabase.gdb"
5 manzanas_estratificadas_fc = "Manzanas_Estratificadas"
6 pendientes_raster = "Pendientes_Raster"
7 campo_pendiente_promedio = "Pendiente_Promedio"
8
9 # Establecer el entorno de trabajo
10 arcpy.env.workspace = workspace
11
12 # Crear una lista de las manzanas estratificadas
13 manzanas = [row[0] for row in arcpy.da.SearchCursor(manzanas_estratificadas_fc, "OBJECTID")]
14
15 # Realizar un bucle sobre las manzanas para identificar las pendientes promedio
16 for oid in manzanas:
17     # Seleccionar la manzana actual
18     arcpy.SelectLayerByAttribute_management(manzanas_estratificadas_fc, "NEW_SELECTION", f"OBJECTID = {oid}")
19
20     # Extraer las pendientes del raster para la manzana actual
21     arcpy.gp.ExtractByMask_sa(pendientes_raster, manzanas_estratificadas_fc, f"InMemory/Pendientes_{oid}")
22
23     # Calcular la pendiente promedio
24     arcpy.gp.ZonalStatisticsAsTable_sa(manzanas_estratificadas_fc, "OBJECTID", f"InMemory/Pendientes_{oid}", f"InMemory/Stats_{oid}", "MEAN")
25
26     # Obtener el valor de pendiente promedio
27     pendiente_promedio = [row[0] for row in arcpy.da.SearchCursor(f"InMemory/Stats_{oid}", "MEAN")][0]
28
29     # Actualizar el campo de pendiente promedio en la manzana
30     with arcpy.da.UpdateCursor(manzanas_estratificadas_fc, ["OBJECTID", campo_pendiente_promedio]) as cursor:
31         for row in cursor:
32             if row[0] == oid:
33                 row[1] = pendiente_promedio
34                 cursor.updateRow(row)
35
36     # Limpiar resultados temporales
37     arcpy.management.Delete(f"InMemory/Pendientes_{oid}")
38     arcpy.management.Delete(f"InMemory/Stats_{oid}")
39
40 print("Identificación de pendientes completada.")

```

Nota. En la imagen se muestran los pasos estructurados en código de programación para la creación de un script destinado a la identificación del tipo de pendientes de las manzanas de los proyectos.

➤ **Identificar Suelo:** La identificación de tipos de suelos se refiere a asignar las características de tipos de suelo a las manzanas de los proyectos. Este proceso utiliza información obtenida de las manzanas estratificadas y de los tipos de suelos del departamento de Piura.

Figura 17

Código de estructura de la identificación de tipos de suelo

```

1  import arcpy
2
3  # Parámetros
4  workspace = "C:/ruta/a/tu/geodatabase.gdb"
5  manzanas_estratificadas_fc = "Manzanas_Estratificadas"
6  tipos_suelos_departamento = "Tipos_Suelos_Piura"
7  campo_tipo_suelo = "Tipo_Suelo_Predominante"
8
9  # Establecer el entorno de trabajo
10 arcpy.env.workspace = workspace
11
12 # Crear una lista de las manzanas estratificadas
13 manzanas = [row[0] for row in arcpy.da.SearchCursor(manzanas_estratificadas_fc, "OBJECTID")]
14
15 # Realizar un bucle sobre las manzanas para identificar el tipo de suelo predominante
16 for oid in manzanas:
17     # Seleccionar la manzana actual
18     arcpy.SelectLayerByAttribute_management(manzanas_estratificadas_fc, "NEW_SELECTION", f"OBJECTID = {oid}")
19
20     # Realizar una unión espacial entre la manzana y los tipos de suelos del departamento
21     arcpy.SpatialJoin_analysis(manzanas_estratificadas_fc, tipos_suelos_departamento,
22                                f"InMemory/Manzana_TiposSuelo_{oid}", "JOIN_ONE_TO_ONE",
23                                "KEEP_COMMON", match_option="INTERSECT")
24
25     # Calcular el tipo de suelo predominante basado en el recuento de coincidencias
26     arcpy.Statistics_analysis(f"InMemory/Manzana_TiposSuelo_{oid}", f"InMemory/Stats_{oid}",
27                               [{"TIPO_SUELO", "FIRST"}], "TIPO_SUELO")
28
29     # Obtener el tipo de suelo predominante
30     tipo_suelo_predominante = [row[0] for row in arcpy.da.SearchCursor(f"InMemory/Stats_{oid}", "FIRST_TIPO_SUELO")][0]
31
32     # Actualizar el campo de tipo de suelo predominante en la manzana
33     with arcpy.da.UpdateCursor(manzanas_estratificadas_fc, ["OBJECTID", campo_tipo_suelo]) as cursor:
34         for row in cursor:
35             if row[0] == oid:
36                 row[1] = tipo_suelo_predominante
37                 cursor.updateRow(row)
38
39     # Limpiar resultados temporales
40     arcpy.management.Delete(f"InMemory/Manzana_TiposSuelo_{oid}")
41     arcpy.management.Delete(f"InMemory/Stats_{oid}")
42
43 print("Identificación de tipos de suelos completada.")

```

Nota. En la imagen se muestran los pasos estructurados en código de programación para la creación de un script destinado a la identificación de los tipos de suelos de las manzanas de los proyectos.

➤ **Identificar Hidrografía:** La identificación de hidrografías es crucial para determinar la proximidad de un proyecto a la red hidrográfica. En este proceso, se utilizaron las manzanas estratificadas en comparación con la información de ríos y quebradas del Perú.

Figura 18

Código de estructura de la identificación de hidrografías

```

1  import arcpy
2
3  # Parámetros
4  workspace = "C:/ruta/a/tu/geodatabase.gdb"
5  manzanas_estratificadas_fc = "Manzanas_Estratificadas"
6  hidrografias_peru = "Rios_Quebradas_Peru"
7  campo_hidrografia = "Proximidad_Hidrografia"
8
9  # Establecer el entorno de trabajo
10 arcpy.env.workspace = workspace
11
12 # Crear una lista de las manzanas estratificadas
13 manzanas = [row[0] for row in arcpy.da.SearchCursor(manzanas_estratificadas_fc, "OBJECTID")]
14
15 # Realizar un bucle sobre las manzanas para identificar la proximidad a hidrografías
16 for oid in manzanas:
17     # Seleccionar la manzana actual
18     arcpy.SelectLayerByAttribute_management(manzanas_estratificadas_fc, "NEW_SELECTION", f"OBJECTID = {oid}")
19
20     # Realizar una unión espacial entre la manzana y las hidrografías de Perú
21     arcpy.SpatialJoin_analysis(manzanas_estratificadas_fc, hidrografias_peru,
22                               f"InMemory/Manzana_Hidrografia_{oid}", "JOIN_ONE_TO_ONE",
23                               "KEEP_COMMON", match_option="INTERSECT")
24
25     # Contar el número de características de hidrografía dentro de cada manzana
26     arcpy.Statistics_analysis(f"InMemory/Manzana_Hidrografia_{oid}", f"InMemory/Stats_{oid}",
27                               [{"OBJECTID", "COUNT"}], "OBJECTID")
28
29     # Obtener el número de características de hidrografía dentro de la manzana
30     count_hidrografias = [row[0] for row in arcpy.da.SearchCursor(f"InMemory/Stats_{oid}", "COUNT_OBJECTID")][0]
31
32     # Determinar la proximidad a hidrografías basada en el número de características encontradas
33     if count_hidrografias > 0:
34         proximidad_hidrografia = "Cerca"
35     else:
36         proximidad_hidrografia = "No cerca"
37
38     # Actualizar el campo de proximidad a hidrografías en la manzana
39     with arcpy.da.UpdateCursor(manzanas_estratificadas_fc, ["OBJECTID", campo_hidrografia]) as cursor:
40         for row in cursor:
41             if row[0] == oid:
42                 row[1] = proximidad_hidrografia
43                 cursor.updateRow(row)
44
45     # Limpiar resultados temporales
46     arcpy.management.Delete(f"InMemory/Manzana_Hidrografia_{oid}")
47     arcpy.management.Delete(f"InMemory/Stats_{oid}")
48
49 print("Identificación de hidrografías completada.")

```

Nota. En la imagen se muestran los pasos estructurados en código de programación para la creación de un script destinado a la identificación de redes hidrográficas que estén próximos a las manzanas de los proyectos.

➤ **Identificar Sitio Arqueológico:** La identificación de sitios arqueológicos es crucial para determinar la proximidad a monumentos arqueológicos y tomar medidas

preventivas adecuadas. Este proceso utiliza las manzanas estratificadas y la información sobre sitios arqueológicos del Perú.

Figura 19

Código de estructura de la identificación de Sitios arqueológicos

```

1  import arcpy
2
3  # Parámetros
4  workspace = "C:/ruta/a/tu/geodatabase.gdb"
5  manzanas_estratificadas_fc = "Manzanas_Estratificadas"
6  sitios_arqueologicos_peru = "Sitios_Arqueologicos_Peru"
7  campo_sitio_arqueologico = "Proximidad_Sitio_Arqueologico"
8
9  # Establecer el entorno de trabajo
10 arcpy.env.workspace = workspace
11
12 # Crear una lista de las manzanas estratificadas
13 manzanas = [row[0] for row in arcpy.da.SearchCursor(manzanas_estratificadas_fc, "OBJECTID")]
14
15 # Realizar un bucle sobre las manzanas para identificar la proximidad a sitios arqueológicos
16 for oid in manzanas:
17     # Seleccionar la manzana actual
18     arcpy.SelectLayerByAttribute_management(manzanas_estratificadas_fc, "NEW_SELECTION", f"OBJECTID = {oid}")
19
20     # Realizar una unión espacial entre la manzana y los sitios arqueológicos del Perú
21     arcpy.SpatialJoin_analysis(manzanas_estratificadas_fc, sitios_arqueologicos_peru,
22                               f"InMemory/Manzana_SitioArqueologico_{oid}", "JOIN_ONE_TO_ONE",
23                               "KEEP_COMMON", match_option="INTERSECT")
24
25     # Contar el número de sitios arqueológicos dentro de cada manzana
26     arcpy.Statistics_analysis(f"InMemory/Manzana_SitioArqueologico_{oid}", f"InMemory/Stats_{oid}",
27                               [{"OBJECTID", "COUNT"}], "OBJECTID")
28
29     # Obtener el número de sitios arqueológicos dentro de la manzana
30     count_sitios_arqueologicos = [row[0] for row in arcpy.da.SearchCursor(f"InMemory/Stats_{oid}", "COUNT_OBJECTID")][0]
31
32     # Determinar la proximidad a sitios arqueológicos basada en el número de sitios encontrados
33     if count_sitios_arqueologicos > 0:
34         proximidad_sitio_arqueologico = "Cerca"
35     else:
36         proximidad_sitio_arqueologico = "No cerca"
37
38     # Actualizar el campo de proximidad a sitios arqueológicos en la manzana
39     with arcpy.da.UpdateCursor(manzanas_estratificadas_fc, ["OBJECTID", campo_sitio_arqueologico]) as cursor:
40         for row in cursor:
41             if row[0] == oid:
42                 row[1] = proximidad_sitio_arqueologico
43                 cursor.updateRow(row)
44
45     # Limpiar resultados temporales
46     arcpy.management.Delete(f"InMemory/Manzana_SitioArqueologico_{oid}")
47     arcpy.management.Delete(f"InMemory/Stats_{oid}")
48
49 print("Identificación de sitios arqueológicos completada.")

```

Nota. En la imagen se muestran los pasos estructurados en código de programación para la creación de un script destinado a la identificación de monumentos arqueológicos que estén próximos a las manzanas de los proyectos.

➤ **Analizar Parámetros:** El análisis de los parámetros implica un análisis exhaustivo de los datos obtenidos en los procesos previos. Este proceso integra la información de las manzanas estratificadas, la identificación de pendientes, tipos de suelos, hidrografías y sitios arqueológicos. Es fundamental para llevar a cabo una validación integral de los resultados.

Figura 20

Código de estructura de los análisis de los parámetros

```

1 import arcpy
2
3 # Parámetros
4 workspace = "C:/ruta/a/tu/geodatabase.gdb"
5 manzanas_estratificadas_fc = "Manzanas_Estratificadas"
6 pendientes_fc = "Pendientes"
7 tipos_suelos_fc = "Tipos_Suelos"
8 hidrografias_fc = "Hidrografias"
9 sitios_arqueologicos_fc = "Sitios_Arqueologicos"
10
11 # Establecer el entorno de trabajo
12 arcpy.env.workspace = workspace
13
14 try:
15     # 1. Realizar análisis sobre las manzanas estratificadas
16     # Por ejemplo, contar el número de manzanas estratificadas
17     num_manzanas = arcpy.management.GetCount(manzanas_estratificadas_fc)[0]
18     arcpy.AddMessage(f"Número de manzanas estratificadas: {num_manzanas}")
19
20     # 2. Realizar análisis sobre la identificación de pendientes
21     # Por ejemplo, calcular estadísticas de pendientes
22     pendientes_stats = arcpy.analysis.Statistics(pendientes_fc, "InMemory/Pendientes_Stats", [{"Pendiente", "MEAN"}])
23     arcpy.AddMessage(f"Estadísticas de pendientes calculadas.")
24
25     # 3. Realizar análisis sobre la identificación de tipos de suelos
26     # Por ejemplo, calcular el área total de cada tipo de suelo
27     tipos_suelos_areas = arcpy.analysis.Statistics(tipos_suelos_fc, "InMemory/TiposSuelos_Area", [{"SHAPE_Area", "SUM"}])
28     arcpy.AddMessage(f"Áreas totales de tipos de suelos calculadas.")
29
30     # 4. Realizar análisis sobre la identificación de hidrografías
31     # Por ejemplo, contar el número de hidrografías intersectadas por las manzanas
32     arcpy.analysis.SpatialJoin(manzanas_estratificadas_fc, hidrografias_fc, "InMemory/Manzanas_Hidrografias", "JOIN_ONE_TO_ONE", "KEEP_ALL")
33     num_hidrografias = arcpy.management.GetCount("InMemory/Manzanas_Hidrografias")[0]
34     arcpy.AddMessage(f"Número de hidrografías intersectadas: {num_hidrografias}")
35
36     # 5. Realizar análisis sobre la identificación de sitios arqueológicos
37     # Por ejemplo, determinar la proximidad de las manzanas a sitios arqueológicos
38     arcpy.analysis.SpatialJoin(manzanas_estratificadas_fc, sitios_arqueologicos_fc, "InMemory/Manzanas_SitiosArqueologicos", "JOIN_ONE_TO_ONE", "KEEP_ALL")
39     num_sitios_arqueologicos = arcpy.management.GetCount("InMemory/Manzanas_SitiosArqueologicos")[0]
40     arcpy.AddMessage(f"Número de sitios arqueológicos intersectados: {num_sitios_arqueologicos}")
41
42     # 6. Realizar análisis adicional e integrar los resultados según sea necesario
43     # Por ejemplo, integrar los resultados en un nuevo feature class o tabla
44
45     arcpy.AddMessage("Análisis de indicadores completado.")
46
47 except arcpy.ExecuteError:
48     print(arcpy.GetMessages(2))
49
50 except Exception as ex:
51     print(ex)

```

Nota. En la imagen se muestran los pasos estructurados en código de programación para la creación de un script destinado a analizar los parámetros obtenidos en los procesos anteriores de los proyectos.

➤ **Estructura Final Tabla Atributos:** Es crucial estructurar correctamente la tabla de atributos final, ya que esta será validada y debe contener información precisa para asegurar el flujo continuo de los procesos.

Figura 21

Código de estructura de los atributos finales

```

1  import arcpy
2
3  # Definir la ruta y nombre del feature class final
4  fc_final = "C:/Ruta/A/Geodatabase.gdb/FeatureClass_Final"
5
6  # Crear un nuevo feature class vacío
7  arcpy.CreateFeatureclass_management(out_path="C:/Ruta/A/Geodatabase.gdb",
8                                     out_name="FeatureClass_Final",
9                                     geometry_type="POLYGON")
10
11 # Añadir campos a la tabla de atributos
12 arcpy.AddField_management(fc_final, "ID", "LONG") # Campo de tipo entero largo
13 arcpy.AddField_management(fc_final, "Nombre", "TEXT", field_length=50) # Campo de texto de longitud máxima 50
14 arcpy.AddField_management(fc_final, "Area", "DOUBLE") # Campo de tipo doble (para áreas)
15 arcpy.AddField_management(fc_final, "Fecha_Creacion", "DATE") # Campo de tipo fecha
16
17 # Ejemplo de cómo añadir más campos según sea necesario
18 # arcpy.AddField_management(fc_final, "campo_nuevo", "TIPO_DE_DATO")
19
20 # Ejemplo de cómo insertar datos en el feature class
21 # cursor = arcpy.da.InsertCursor(fc_final, ["ID", "Nombre", "Area", "Fecha_Creacion"])
22 # cursor.insertrow((1, "Ejemplo", 1000.5, arcpy.Date(2024, 6, 18)))
23 # del cursor
24
25 print(f"Estructura de tabla de atributos para {fc_final} creada exitosamente.")

```

Nota. En la imagen se muestran los pasos estructurados en código de programación para la creación de un script destinado a la elaboración de los atributos finales de las manzanas de los proyectos.

➤ **Validar Usuario Final:** Este proceso se refiere a la validación final de los proyectos de la empresa concesionaria, asegurando la veracidad y precisión de los datos. Utiliza los resultados obtenidos de los parámetros mencionados anteriormente.

Figura 22

Código de estructura de la validación de información final

```

1  import arcpy
2
3  # Parámetros y definiciones
4  workspace = "C:/Ruta/A/Geodatabase.gdb"
5  fc_final = "FeatureClass_Final"
6  campos_indicadores = ["Campo1", "Campo2", "Campo3"] # Campos de indicadores a validar
7
8  # Establecer el entorno de trabajo
9  arcpy.env.workspace = workspace
10
11 try:
12     # 1. Obtener una lista de valores únicos para cada campo de indicador
13     for campo in campos_indicadores:
14         valores_unicos = set()
15         with arcpy.da.SearchCursor(fc_final, campo) as cursor:
16             for row in cursor:
17                 valores_unicos.add(row[0])
18
19         # Ejemplo de validación: verificar si hay más de un valor único para el campo
20         if len(valores_unicos) > 1:
21             arcpy.AddWarning(f"Validación fallida para el campo {campo}: Valores no coincidentes.")
22         else:
23             arcpy.AddMessage(f"Validación exitosa para el campo {campo}: Todos los valores coinciden.")
24
25     # 2. Realizar otras validaciones necesarias según los indicadores específicos
26
27     arcpy.AddMessage("Proceso de validación final completado.")
28
29 except arcpy.ExecuteError:
30     print(arcpy.GetMessages(2))
31
32 except Exception as ex:
33     print(ex)

```

Nota. En la imagen se muestran los pasos estructurados en código de programación para la creación de un script destinado a la validación final de la información de los proyectos.

➤ **Mapa Temático Estrato:** Este proceso se lleva a cabo para generar un mapa temático de estratificación, fundamental para la verificación precisa y visualización clara de la información final validada de los proyectos de gas natural.

Figura 23

Código de estructura de la generación de mapas de estratificación

```

1  import arcpy
2  from arcpy import mapping
3
4  # Parámetros y definiciones
5  workspace = "C:/Ruta/A/Geodatabase.gdb"
6  fc_entrada = "Datos_Poligonales"
7  campo_clasificacion = "Campo_Atributo"
8  ruta_salida_mapa = "C:/Ruta/A/Mapas_Tematicos"
9
10 # Establecer el entorno de trabajo
11 arcpy.env.workspace = workspace
12
13 try:
14     # 1. Crear una capa de referencia para el mapa
15     mxd = mapping.MapDocument("CURRENT")
16
17     # 2. Definir la simbología para el mapa temático
18     simbologia = "C:/Ruta/A/Simbologia.lyr"
19
20     # 3. Agregar la capa de datos poligonales al mapa
21     capa_datos = mapping.Layer(fc_entrada)
22     mapping.AddLayer(mxd.activeDataframe, capa_datos, "TOP")
23
24     # 4. Aplicar la simbología al campo de clasificación
25     arcpy.ApplySymbologyFromLayer_management(capa_datos, simbologia)
26
27     # 5. Guardar el mapa temático en formato PDF
28     nombre_mapa = "Mapa_Tematico_Estratificacion.pdf"
29     arcpy.mapping.ExportToPDF(mxd, ruta_salida_mapa + "/" + nombre_mapa)
30
31     arcpy.AddMessage(f"Mapa temático generado correctamente: {ruta_salida_mapa}/{nombre_mapa}")
32
33 except arcpy.ExecuteError:
34     print(arcpy.GetMessages(2))
35
36 except Exception as ex:
37     print(ex)

```

Nota. En la imagen se muestran los pasos estructurados en código de programación para la creación de un script destinado a la generación de mapas de estratificación de los proyectos.

➤ **Mapa Temático Pendiente:** Este proceso se lleva a cabo para generar un mapa temático de pendientes, fundamental para la verificación precisa y visualización clara de la información final validada de los proyectos de gas natural.

Figura 24

Código de estructura de la generación de mapas de pendientes

```

1  import arcpy
2  from arcpy import mapping
3
4  # Parámetros y definiciones
5  workspace = "C:/Ruta/A/Geodatabase.gdb"
6  fc_entrada = "Datos_Poligonales"
7  campo_clasificacion = "Campo_Atributo"
8  ruta_salida_mapa = "C:/Ruta/A/Mapas_Tematicos"
9
10 # Establecer el entorno de trabajo
11 arcpy.env.workspace = workspace
12
13 try:
14     # 1. Crear una capa de referencia para el mapa
15     mxd = mapping.MapDocument("CURRENT")
16
17     # 2. Definir la simbología para el mapa temático
18     simbologia = "C:/Ruta/A/Simbologia.lyr"
19
20     # 3. Agregar la capa de datos poligonales al mapa
21     capa_datos = mapping.Layer(fc_entrada)
22     mapping.AddLayer(mxd.activeDataframe, capa_datos, "TOP")
23
24     # 4. Aplicar la simbología al campo de clasificación
25     arcpy.ApplySymbologyFromLayer_management(capa_datos, simbologia)
26
27     # 5. Guardar el mapa temático en formato PDF
28     nombre_mapa = "Mapa_Tematico_Pendientes.pdf"
29     arcpy.mapping.ExportToPDF(mxd, ruta_salida_mapa + "/" + nombre_mapa)
30
31     arcpy.AddMessage(f"Mapa temático generado correctamente: {ruta_salida_mapa}/{nombre_mapa}")
32
33 except arcpy.ExecuteError:
34     print(arcpy.GetMessages(2))
35
36 except Exception as ex:
37     print(ex)

```

Nota. En la imagen se muestran los pasos estructurados en código de programación para la creación de un script destinado a la generación de mapas de pendientes de los proyectos.

➤ **Mapa Temático Suelo:** Este proceso se lleva a cabo para generar un mapa temático de tipos de suelo, fundamental para la verificación precisa y visualización clara de la información final validada de los proyectos de gas natural.

Figura 25

Código de estructura de la generación de mapas de tipos de suelo

```

1  import arcpy
2  from arcpy import mapping
3
4  # Parámetros y definiciones
5  workspace = "C:/Ruta/A/Geodatabase.gdb"
6  fc_entrada = "Datos_Poligonales"
7  campo_clasificacion = "Campo_Atributo"
8  ruta_salida_mapa = "C:/Ruta/A/Mapas_Tematicos"
9
10 # Establecer el entorno de trabajo
11 arcpy.env.workspace = workspace
12
13 try:
14     # 1. Crear una capa de referencia para el mapa
15     mxd = mapping.MapDocument("CURRENT")
16
17     # 2. Definir la simbología para el mapa temático
18     simbologia = "C:/Ruta/A/Simbologia.lyr"
19
20     # 3. Agregar la capa de datos poligonales al mapa
21     capa_datos = mapping.Layer(fc_entrada)
22     mapping.AddLayer(mxd.activeDataframe, capa_datos, "TOP")
23
24     # 4. Aplicar la simbología al campo de clasificación
25     arcpy.ApplySymbologyFromLayer_management(capa_datos, simbologia)
26
27     # 5. Guardar el mapa temático en formato PDF
28     nombre_mapa = "Mapa_Tematico_suelos.pdf"
29     arcpy.mapping.ExportToPDF(mxd, ruta_salida_mapa + "/" + nombre_mapa)
30
31     arcpy.AddMessage(f"Mapa temático generado correctamente: {ruta_salida_mapa}/{nombre_mapa}")
32
33 except arcpy.ExecuteError:
34     print(arcpy.GetMessages(2))
35
36 except Exception as ex:
37     print(ex)

```

Nota. En la imagen se muestran los pasos estructurados en código de programación para la creación de un script destinado a la generación de mapas de tipos de suelos de los proyectos.

➤ **Generar Kmz:** Este proceso se diseñó para que los usuarios puedan interactuar de manera intuitiva y eficiente con la información final validada de los proyectos de gas natural.

Figura 26

Código de estructura de la generación del kmz

```

1  import arcpy
2
3  # Parámetros y definiciones
4  workspace = "C:/Ruta/A/Geodatabase.gdb"
5  fc_entrada = "Capa_Entrada"
6  ruta_salida_kmz = "C:/Ruta/A/Salida/Capa_Entrada.kmz"
7
8  # Establecer el entorno de trabajo
9  arcpy.env.workspace = workspace
10
11 try:
12     # 1. Convertir el Feature Class a Layer
13     capa = arcpy.management.MakeFeatureLayer(fc_entrada, "Capa_Temporal")
14
15     # 2. Exportar la capa a formato KMZ
16     arcpy.conversion.LayerToKML(capa, ruta_salida_kmz)
17
18     arcpy.AddMessage(f"El archivo KMZ se ha creado exitosamente en: {ruta_salida_kmz}")
19
20 except arcpy.ExecuteError:
21     print(arcpy.GetMessages(2))
22
23 except Exception as ex:
24     print(ex)

```

Nota. En la imagen se muestran los pasos estructurados en código de programación para la creación de un script destinado a la generación de un Kmz para los proyectos.

2.3. Resultados

2.3.1. *Productos de la evaluación de proyectos de gas natural domiciliaria*

Para este ítem se evaluaron que los proyectos tengan una correcta información alfanumérica y geoespacial, ya que esto proporciona una base sólida para la optimización de los procesos. Mediante el uso de herramientas avanzadas hasta la revisión topológica, se asegura que la geometría del área de estudio sea exacta y libre de inconsistencias, lo que es fundamental para la fiabilidad de cualquier análisis posterior.

Figura 27

Reporte de la evaluación de manzanas de los proyectos

Generate Summary				Export to File		
Feature Class 1	Subtype 1	Rule	Feature Class 2	Subtype 2	Errors	Exceptions
ManzanasEstratificadas		Must not overlap	ManzanasEstratificadas		0	0
			TOTALS		0	0

Nota. En la imagen se muestra el producto de la evaluación correcta de las manzanas de los proyectos.

2.3.2. Productos de la determinación de los parámetros de desempeño

Una vez determinados los parámetros de desempeño en los procedimientos de la metodología aplicada, se establecieron y definieron los parámetros de desempeño de los proyectos de gas natural que han pasado por todos los filtros especificados en los ítems de dicha metodología, garantizando la validación de la información.

La información validada se resume en el total de manzanas con estratificación del INEI correspondientes a los estratos bajo, medio bajo y medio.

Con estos parámetros definidos, se podrá realizar una evaluación correcta y eficaz del proyecto, asegurando que se cumplan todas las condiciones necesarias para su aprobación final.

Tabla 5

Definición de parámetros para la optimización

Parámetros	Definición
Manzanas Estratificadas	Hace referencia a las manzanas que tienen la correcta estratificación del INEI.
Pendientes	Se refiere a la inclinación del terreno que abarca las manzanas estratificadas del proyecto bajo evaluación.
Suelos	Se relaciona con el tipo de suelo presente en las manzanas estratificadas del proyecto en revisión.
Hidrografías	Alude a la presencia de ríos dentro de un radio de 250 metros de las manzanas estratificadas del proyecto en evaluación.
Sitios Arqueológicos	Se refiere a la cantidad de sitios arqueológicos cercanos a una distancia de 250 metros de una manzana estratificada del proyecto en evaluación.

Nota. En la tabla se puede visualizar el producto de los parámetros obtenidos para la optimización de los procesos de aprobación de los proyectos.

2.3.3. Productos del diseño de estructura de la Geodatabase de los proyectos

El diseño descrito en la metodología aplicada garantiza una ejecución eficiente y precisa de los scripts desarrollados mediante la correcta integración de los parámetros definidos, tales como geometría de manzanas, estratos, pendientes, suelos, hidrografías y sitios arqueológicos. Estos parámetros se organizan en capas dentro de un dataset que está almacenado en una geodatabase, totalizando veinticuatro capas principales. A continuación, se presenta la estructura de las capas y su tipo de geometría.

Tabla 6*Estructura de la geodatabase de los proyectos aprobados*

Capa	Tipo de Geometría
Feature: ManzanasEstratificadas	Polígono
Feature: Pendientes	Polígono
Feature: ManzanasPendientes	Polígono
Feature: DatosPendientes	Polígono
Feature: Suelos	Polígono
Feature: ManzanasSuelos	Polígono
Feature: DatosSuelos	Polígono
Feature: Hidrografías	Línea
Feature: MonumentosArqueológicosDelimitados	Punto
Feature: MonumentosArqueológicosDeclarados	Polígono
Feature: RedVialQhapaqnan	Línea
Feature: CentrosPoblados	Punto
Feature: LimiteDistrital	Polígono
Feature: LimiteProvincial	Polígono
Feature: LimiteDepartamental	Polígono
Feature: RedVialNacional	Línea
Feature: RedVialDepartamental	Línea
Feature: RedVialVecinal	Línea
Feature: SueloPiura	Polígono
Feature: RiosQuebradas	Línea
Feature: EstratosINEI	Polígono
Feature: TablaPendientes	Tabla
Feature: TablaSuelos	Tabla
Feature: Raster	Raster
Total	24

Nota. En la tabla se muestra el producto final de la estructura organizada de las capas de la geodatabase de los proyectos aprobados.

Esta organización asegura que todos los datos geospaciales esenciales estén disponibles para un análisis completo y preciso, mejorando la ejecución de los scripts y la toma de decisiones en los proyectos.

2.3.4. Productos de la elaboración del flujo de trabajo de los procesos de aprobación de proyectos

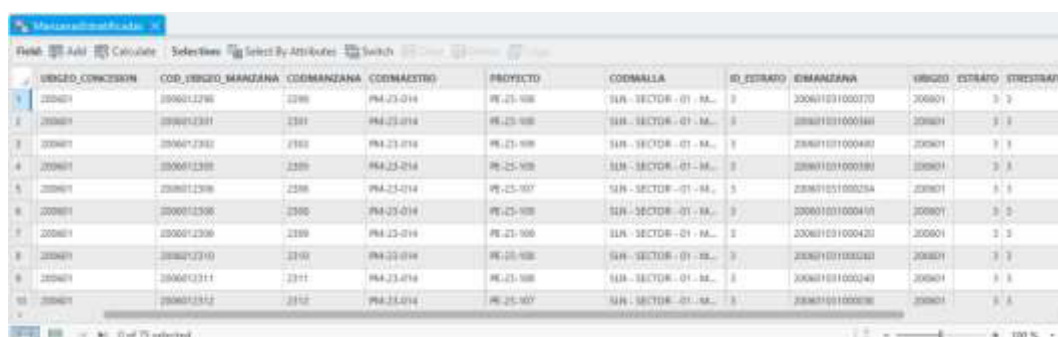
- **Optimización de los procesos de aprobación de los proyectos de gas natural**

Los productos generados mediante el uso de herramientas SIG desarrolladas representan un avance significativo en la eficiencia y precisión del análisis geoespacial. Estos resultados son esenciales para el desarrollo y la ejecución exitosa de proyectos que dependen de datos geográficos detallados y precisos.

La validación de las manzanas correctamente estratificadas se logra mediante herramientas que van desde la revisión topológica hasta la validación de estratos. Esto garantiza que cada unidad de análisis (manzanas, en este caso) esté correctamente categorizada, proporcionando una base confiable para análisis estadísticos y decisiones estratégicas.

Figura 28

Manzanas correctamente estratificadas



	USGEO_CONCESION	COD_USGEO_MANZANA	CODMANZANA	CODMAESTRO	PROYECTO	CODMALLA	ID ESTRATO	EMANZANA	USGEO ESTRATO	STRESTRATO
1	200601	2006012290	2290	PA-23-014	PE-23-100	SH-SECTOR-01-NA...	3	200601031000170	200601	3 3
2	200601	2006012301	2301	PA-23-014	PE-23-100	SH-SECTOR-01-NA...	3	200601031000180	200601	3 3
3	200601	2006012302	2302	PA-23-014	PE-23-100	SH-SECTOR-01-NA...	3	200601031000190	200601	3 3
4	200601	2006012303	2303	PA-23-014	PE-23-100	SH-SECTOR-01-NA...	3	200601031000200	200601	3 3
5	200601	2006012304	2304	PA-23-014	PE-23-100	SH-SECTOR-01-NA...	3	200601031000210	200601	3 3
6	200601	2006012305	2305	PA-23-014	PE-23-100	SH-SECTOR-01-NA...	3	200601031000220	200601	3 3
7	200601	2006012306	2306	PA-23-014	PE-23-100	SH-SECTOR-01-NA...	3	200601031000230	200601	3 3
8	200601	2006012307	2307	PA-23-014	PE-23-100	SH-SECTOR-01-NA...	3	200601031000240	200601	3 3
9	200601	2006012308	2308	PA-23-014	PE-23-100	SH-SECTOR-01-NA...	3	200601031000250	200601	3 3
10	200601	2006012309	2309	PA-23-014	PE-23-100	SH-SECTOR-01-NA...	3	200601031000260	200601	3 3

Nota. En la imagen se visualiza los atributos de las manzanas correctamente estratificadas dentro los rangos establecidos.

La definición estructural detallada de la tabla de atributos de las manzanas estratificadas, incluyendo los parámetros de desempeños determinados como pendientes y tipos de suelos. Esta estructuración facilita una comprensión clara y completa de las características del terreno, permitiendo interpretar los datos de manera efectiva y tomar decisiones informadas.

Figura 29

Manzanas con datos de pendientes

Manzanas Pendientes												
Field: Add Calculas Selection Select By Attributes Switch												
	UBIGEO_CONCEPCION	COD_UBIGEO_MANZANA	CODMANZANA	CODMAESTRO	PROYECTO	CODMANISA	SI_ESTADO	CODMANZANA	UBIGEO_ESTADO	SIESTRATO	gridcode	Rango
1	200601	200001228	228	PA-23-014	PE-23-008	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000170	200601	1	1	2 1°-3' Pendiente Suave
2	200601	200001231	231	PA-23-014	PE-23-008	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000180	200601	1	1	2 1°-3' Pendiente Suave
3	200601	200001232	232	PA-23-014	PE-23-008	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000400	200601	1	1	2 1°-3' Pendiente Suave
4	200601	200001233	233	PA-23-014	PE-23-008	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000180	200601	1	1	2 1°-3' Pendiente Suave
5	200601	200001236	236	PA-23-014	PE-23-007	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000200	200601	1	1	2 1°-3' Pendiente Suave
6	200601	200001238	238	PA-23-014	PE-23-008	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000410	200601	1	1	2 1°-3' Pendiente Suave
7	200601	200001239	239	PA-23-014	PE-23-008	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000420	200601	1	1	2 1°-3' Pendiente Suave
8	200601	200001240	240	PA-23-014	PE-23-008	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000230	200601	1	1	2 1°-3' Pendiente Suave
9	200601	200001241	241	PA-23-014	PE-23-008	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000240	200601	1	1	2 1°-3' Pendiente Suave
10	200601	200001242	242	PA-23-014	PE-23-007	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000200	200601	1	1	2 1°-3' Pendiente Suave

Nota. En la imagen se visualiza los atributos de las manzanas con los datos de pendientes identificados.

Figura 30

Manzanas con datos de suelos

ManzanasCorte_3												
Filtros: Add Calculate Selection Select By Attribute Switch												
	UBIGEO_CONCEPCION	COD_UBIGEO_MANZANA	CODMANZANA	CODMAESTRO	PROYECTO	CODMANISA	SI_ESTADO	CODMANZANA	UBIGEO_ESTADO	SIESTRATO	SUELO	
1	200601	200001228	228	PA-23-014	PE-23-008	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000170	200601	1	1	Suelos Arenosos y Aluviales
2	200601	200001231	231	PA-23-014	PE-23-008	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000180	200601	1	1	Suelos Arenosos y Aluviales
3	200601	200001232	232	PA-23-014	PE-23-008	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000400	200601	1	1	Suelos Arenosos y Aluviales
4	200601	200001233	233	PA-23-014	PE-23-008	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000180	200601	1	1	Suelos Arenosos y Aluviales
5	200601	200001236	236	PA-23-014	PE-23-007	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000200	200601	1	1	Suelos Arenosos y Aluviales
6	200601	200001238	238	PA-23-014	PE-23-008	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000410	200601	1	1	Suelos Arenosos y Aluviales
7	200601	200001239	239	PA-23-014	PE-23-008	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000420	200601	1	1	Suelos Arenosos y Aluviales
8	200601	200001240	240	PA-23-014	PE-23-008	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000230	200601	1	1	Suelos Arenosos y Aluviales
9	200601	200001241	241	PA-23-014	PE-23-008	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000240	200601	1	1	Suelos Arenosos y Aluviales
10	200601	200001242	242	PA-23-014	PE-23-007	SIH - SECTOR - 01 - MA...	1	20060101000200	200601	1	1	Suelos Aluviales

Nota. En la imagen se visualiza los atributos de las manzanas con los datos de tipos de suelos identificados.

La obtención de planos temáticos de estratificación, pendientes y suelos facilitan la visualización clara de resultados y la identificación de patrones espaciales en el área de estudio.

Figura 31

Mapa de estratificación de las manzanas validadas de los proyectos

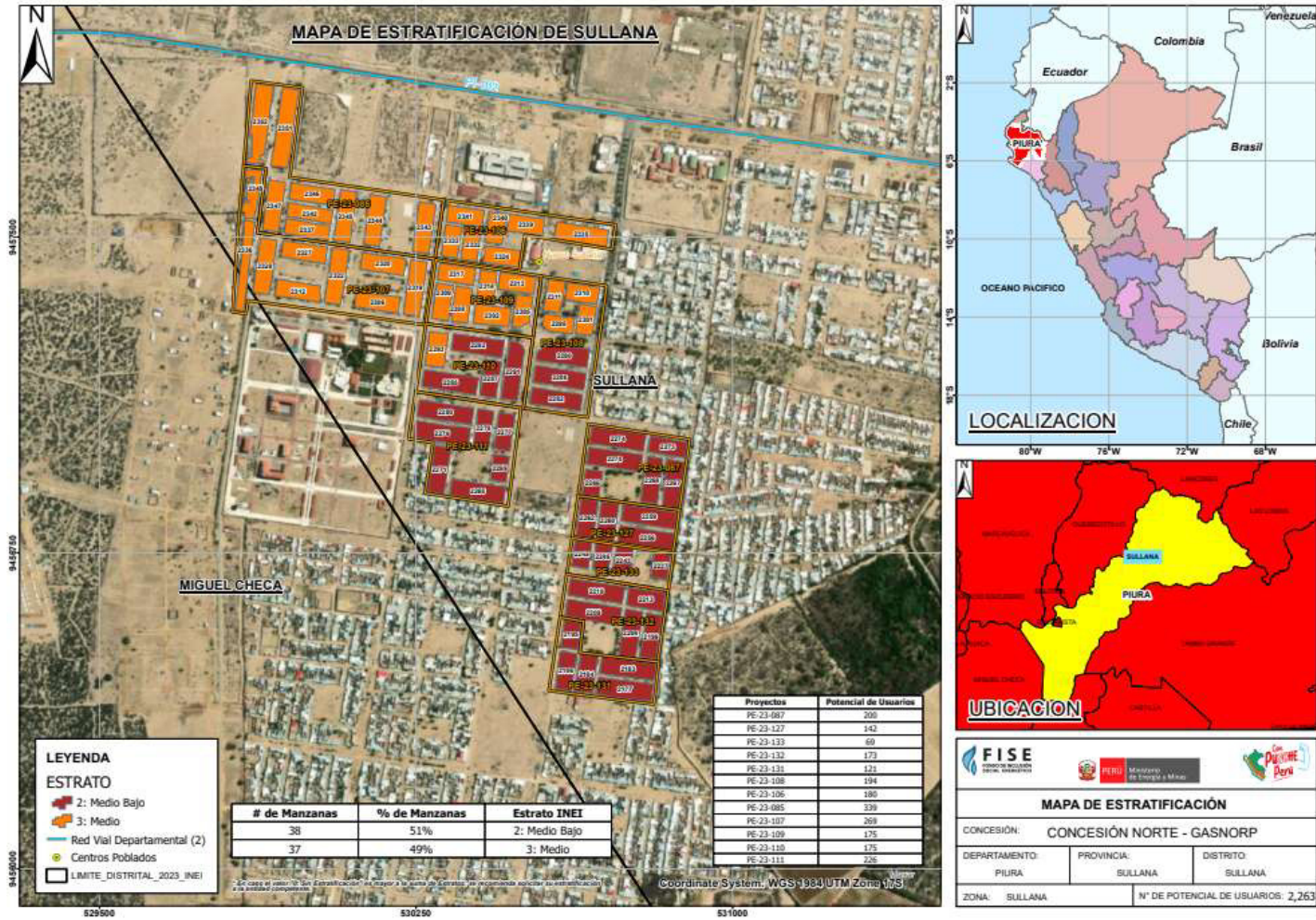


Figura 32

Mapa de pendientes del área evaluada de los proyectos

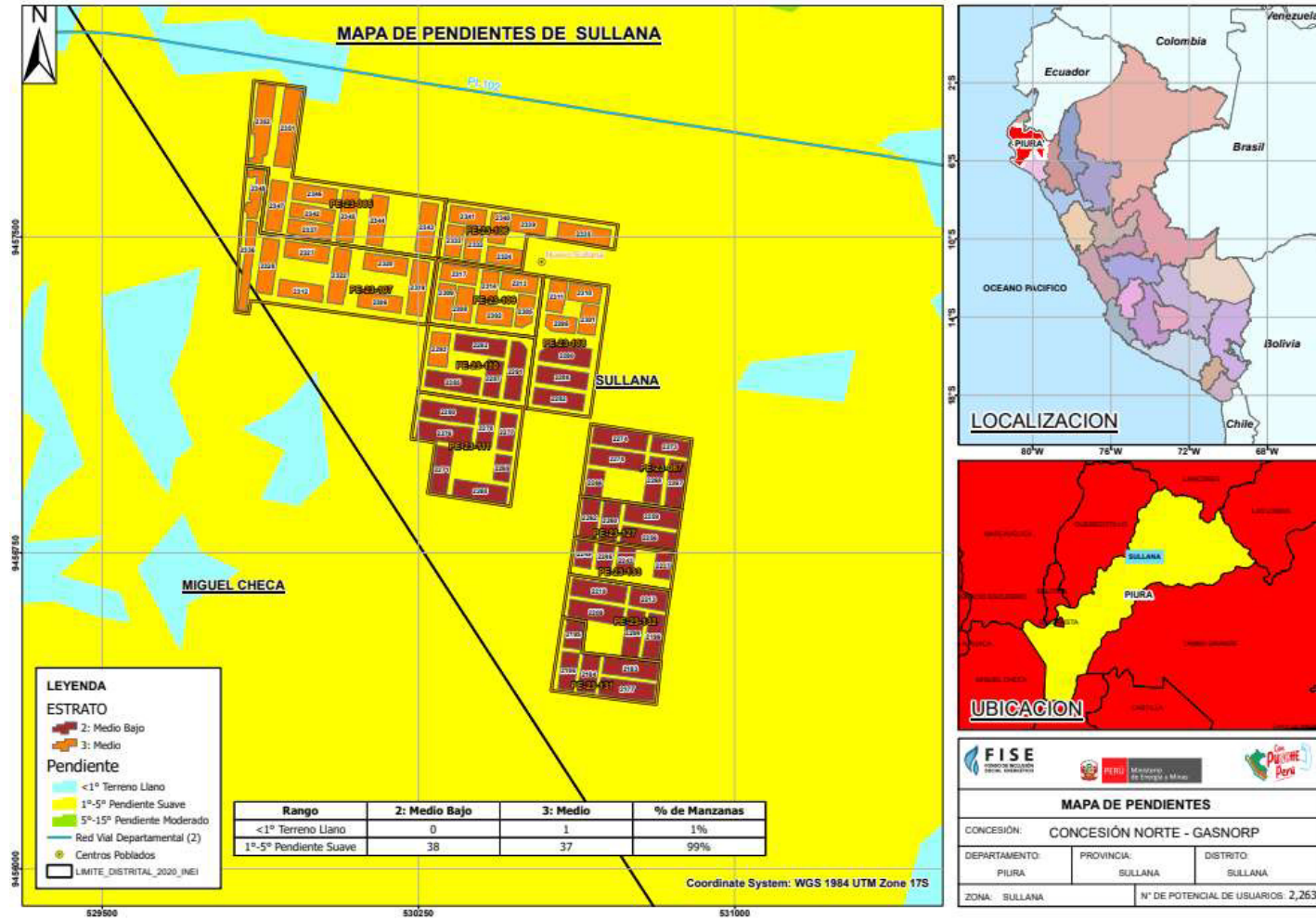
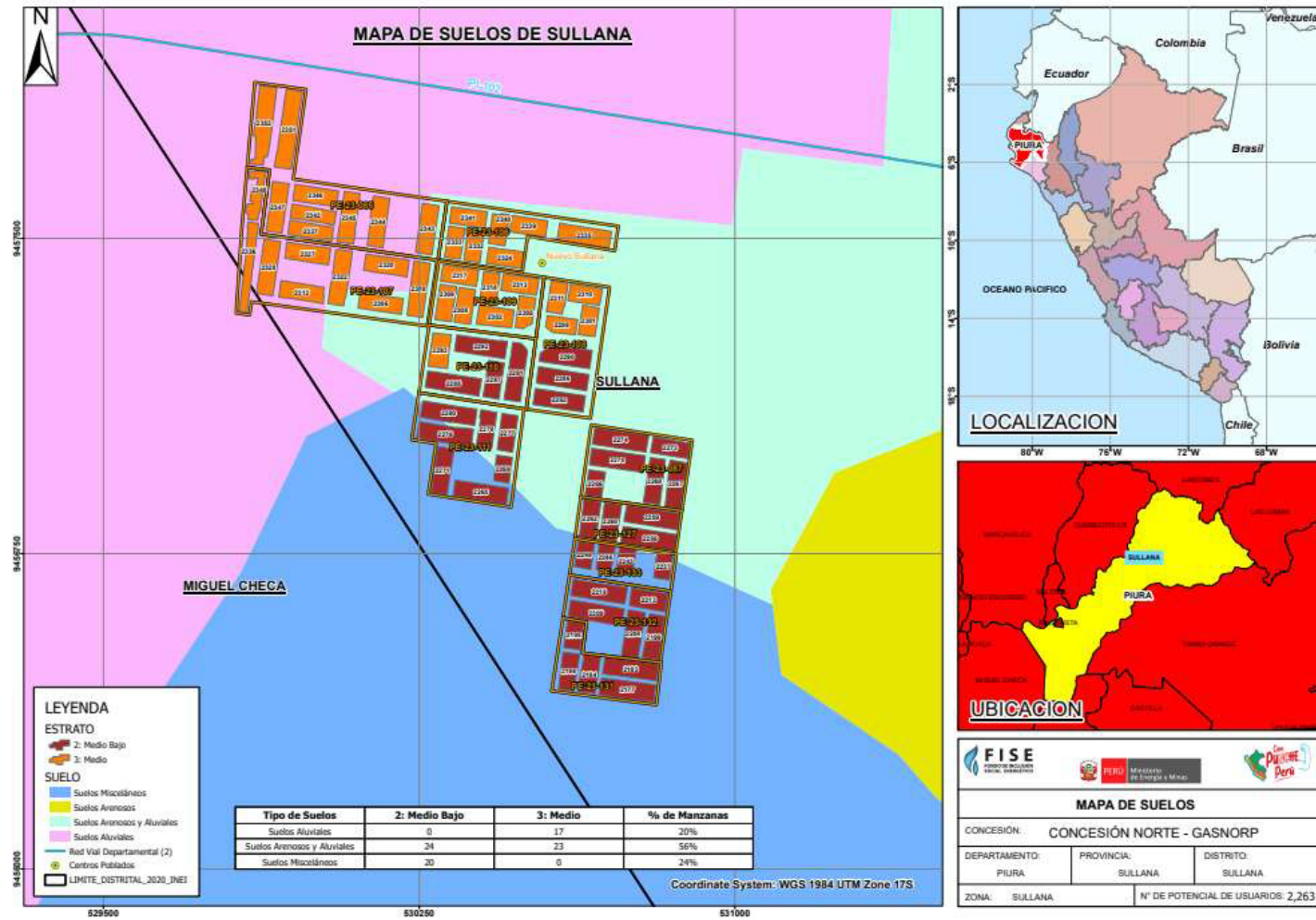


Figura 33

Mapa de suelos del área evaluada de los proyectos



Finalmente, la generación de un archivo KMZ interactivo es crucial para la accesibilidad y la aplicación práctica de los resultados. Compatible con Google Earth, este formato permite a los usuarios explorar y analizar los datos geográficos de manera intuitiva, facilitando la comunicación y la colaboración en el proyecto de gas natural.

Figura 34

Formato Kmz de las manzanas validadas de los proyectos



Nota. Vista en Google Earth del archivo KMZ que muestra las manzanas de los proyectos.

Estos productos no solo mejoran la calidad y precisión de los datos geoespaciales, sino que también optimizan el flujo de trabajo y aumentan la eficiencia operativa. Al proporcionar información detallada y visualmente accesible, permiten a los equipos técnicos y a los tomadores de decisiones utilizar información geográfica de manera efectiva para el desarrollo y la gestión de proyectos de gas natural.

- **Reducción de tiempos de los procesos de aprobación de los proyectos de gas natural**

La implementación de herramientas SIG en la optimización de los procesos de aprobación de proyectos de gas natural ha sido fundamental para significativas mejoras en eficiencia y precisión. Comparado con los métodos manuales y mecánicos previos, el uso de estas nuevas herramientas ha demostrado una reducción en los tiempos y una mejora sustancial en la calidad de la información obtenida.

Para evaluar el impacto de esta optimización, se realizó un estudio detallado en un proyecto ubicado en Sullana – Piura, donde se compararon los tiempos de ejecución tanto de manera manual como mecánica, y posteriormente con el uso de las herramientas SIG optimizadas desarrolladas. Los resultados fueron reveladores: se observó una reducción del 83.6% en el tiempo total requerido en comparación con los métodos mecánicos anteriores.

Esta disminución significativa en los tiempos no solo optimiza los procesos operativos, sino que también garantiza una mayor precisión y consistencia en la recopilación y análisis de datos relacionados con los proyectos de gas natural. El uso de las herramientas SIG en la optimización de los procesos permiten realizar tareas complejas de manera más rápida y eficiente, eliminando errores potenciales asociados con los métodos manuales tradicionales. Para Oyana (2023) El estudio de la programación en Python y su aplicación en la automatización de redes ha revelado procesos que pueden ser optimizados en organizaciones dedicadas a la gestión de redes de información. Esta automatización facilita una notable disminución en el tiempo y esfuerzo que los administradores de red deben invertir en estos procesos.

Además de la eficiencia mejorada, la optimización facilita una gestión más efectiva del proyecto al proporcionar datos en tiempo real y análisis más detallados. Esto no solo acelera la

toma de decisiones estratégicas, sino que también optimiza los recursos disponibles, asegurando un uso más efectivo de los fondos y una aprobación más fluida del proyecto en su conjunto.

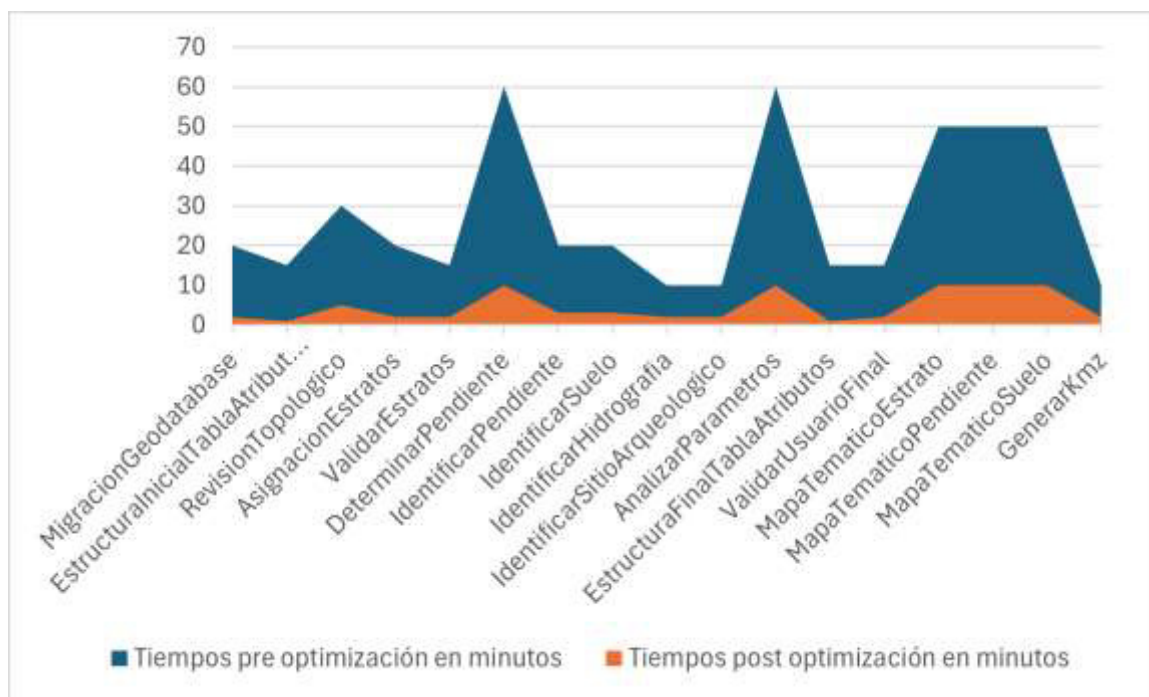
Tabla 7

Medición de tiempos antes y después de la optimización de los procesos

Actividad	Tiempos pre optimización en minutos	Tiempos post optimización en minutos	Reducción de tiempos en %
Migración Geodatabase	20	2	90.0%
Estructura Inicial Tabla Atributos	15	1	93.3%
Revisión Topológico	30	5	83.3%
Asignación Estratos	20	2	90.0%
Validar Estratos	15	2	86.7%
Determinar Pendiente	60	10	83.3%
Identificar Pendiente	20	3	85.0%
Identificar Suelo	20	3	85.0%
Identificar Hidrografía	10	2	80.0%
Identificar Sitio Arqueológico	10	2	80.0%
Analizar Indicadores	60	10	83.3%
Estructura Final Tabla Atributos	15	1	93.3%
Validar Usuario Final	15	2	86.7%
Mapa Temático Estrato	50	10	80.0%
Mapa Temático Pendiente	50	10	80.0%
Mapa Temático Suelo	50	10	80.0%
Generar Kmz	10	2	80.0%
Total	470	77	83.6%

Figura 35

Comparación de tiempos pre y post optimización de los procesos



III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA INSTITUCIÓN

Uno de los aportes más destacados a la institución ha sido la implementación exitosa de todas las herramientas SIG en la optimización de los procesos para la obtención de una correcta información validada, esencial para la aprobación de proyectos de distribución de gas natural domiciliaria en Sullana – Piura. Este logro no solo facilitó la evaluación precisa y confiable de los proyectos, sino que también estableció un nuevo estándar para los procesos internos de la institución, marcando un antes y un después en la manera de gestionar y aprobar iniciativas de esta naturaleza.

La optimización de los procesos de aprobación de los proyectos de gas natural usando las herramientas SIG desempeñó un papel crucial en este avance. Sin la implementación de estas tecnologías, la aprobación de los proyectos habría sido un proceso mucho más lento y propenso a errores. La optimización permitió realizar análisis y validaciones con mayor rapidez y precisión, asegurando que cada proyecto cumpliera con los estándares requeridos antes de ser aprobado. Este enfoque no solo mejoró la eficiencia, sino que también aumentó la transparencia y la confianza en los resultados obtenidos.

Otro aspecto esencial de estos aportes fue la significativa reducción de los tiempos en los procesos. Gracias a la optimización, los flujos de trabajo se aceleraron considerablemente, reduciendo los plazos de validación y entrega de los productos finales. Esta optimización del tiempo no solo benefició a la institución en términos de productividad, sino que también permitió una respuesta más ágil a las necesidades del sector energético, contribuyendo al avance y desarrollo de la infraestructura de gas natural en la región.

La implementación de estas herramientas para la optimización no solo tuvo un impacto inmediato en los proyectos actuales, sino que también sienta las bases para futuros proyectos. La metodología y las tecnologías introducidas serán aplicables a nuevas iniciativas, facilitando

aprobaciones rápidas y eficientes. Este enfoque permitirá la ejecución de más proyectos en un tiempo más corto, mejorando la capacidad de la institución para manejar un mayor volumen de trabajo sin comprometer la calidad ni la exactitud de los datos.

IV. CONCLUSIONES

4.1. La implementación del Sistema de Información Geográfica (SIG) en la optimización de los procesos para la aprobación de los proyectos de distribución de gas natural domiciliaria en Sullana – Piura ha mostrado resultados sobresalientes tanto en eficiencia como en precisión.

4.2. La optimización de los procesos permitió detectar y corregir deficiencias en los datos proporcionados, asegurando una base de datos libre de errores alfanuméricos y topológicamente correcta. Esto, a su vez, facilitó la categorización precisa de las unidades de análisis, crucial para la fiabilidad de los análisis estadísticos y la toma de decisiones informadas.

4.3. La estructuración detallada de la tabla de atributos y la generación de mapas temáticos han proporcionado herramientas visuales y analíticas esenciales para la interpretación y comunicación de los datos geoespaciales. La creación de un archivo KMZ interactivo ha mejorado la accesibilidad y aplicación práctica de los resultados, permitiendo una exploración intuitiva y análisis detallado de los datos mediante Google Earth.

4.4. La optimización no solo ha reducido los tiempos de aprobación en un 83.6%, sino que también ha elevado la precisión y consistencia de la información obtenida. Este avance significativo en los procesos internos de la institución ha establecido un nuevo estándar para la aprobación de proyectos de distribución de gas natural domiciliaria, marcando una retroalimentación en la gestión y evaluación de iniciativas similares.

V. RECOMENDACIONES

5.1. Para asegurar la implementación completa de la optimización usando el Sistema de Información Geográfica (SIG) para la aprobación de proyectos de distribución de gas natural domiciliaria en Sullana – Piura, es crucial garantizar que todas las herramientas planificadas se implementen eficazmente. Esto permitirá mejorar la eficiencia operativa y reducir los tiempos de procesamiento significativamente.

5.2. Se recomienda implementar un sistema para la evaluación de los datos proporcionados de los proyectos, utilizando herramientas avanzadas de análisis. Además, es fundamental reforzar los procedimientos de verificación y validación de la información recibida, asegurando una correcta estratificación para mejorar la precisión de los análisis estadísticos y decisiones estratégicas. Establecer parámetros de desempeño también es esencial para ajustar y optimizar los procesos de aprobación, reduciendo errores y maximizando los recursos disponibles.

5.3. También se recomienda monitorear y mejorar constantemente los productos generados por las herramientas SIG en la optimización, garantizando avances continuos en eficiencia y precisión en el análisis geoespacial. Realizar evaluaciones periódicas de la reducción de tiempos lograda mediante la optimización ayudará a identificar áreas adicionales para mejoras continuas.

5.4. Es clave elaborar una documentación detallada y realizar análisis exhaustivos del impacto de la optimización en la eficiencia operativa y la calidad de los datos. Esto proporcionará una base sólida para futuras implementaciones y mejoras, promoviendo la adopción de buenas prácticas y asegurando la capacitación continua del personal en el uso efectivo de las herramientas SIG para la optimización de procesos de aprobación de proyectos de distribución de gas natural domiciliaria.

VI. REFERENCIAS

- Aburto, A., y Alfaro, R. (2022). Automatización de los procedimientos para la obtención de constantes experimentales mediante el uso del software Python. *Revista Tendencias en Docencia e Investigación en Química*, 8 (8), 92-95. <https://revistatediq.azc.uam.mx/>
- Castillo, B., Tarazona, J., Tarazona, C., Hurtado, C., y Cornelio, F. (2023). Automatización del análisis exploratorio de datos y procesamiento geoquímico univariado empleando Python. *Revistas de investigación UNMSM*, 26 (51), 2-14. <https://www.researchgate.net/publication/372077059>
- Cruz, M. (2023). *Optimización y automatización del proceso de gestión de información en el área de operaciones del factoring en Perú Lc Factoring S.A.C.* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura], Repositorio Institucional PIRHUA. <https://hdl.handle.net/11042/6645>
- Garcia, A. (2023). *Aplicación del geomarketing como inteligencia de territorios para empresas de venta directa.* [Informe por suficiencia profesional, Universidad Nacional Federico Villarreal], Repositorio Científico Universidad Nacional Federico Villarreal. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/8702>
- Oyana, C. (2023). *Aplicaciones de software educativos y empresarial prototipo de software que facilite la automatización de tareas de recopilación, procesamiento y análisis de información de equipos de red utilizando Python scripting en la empresa Likatelec.* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional], Repositorio Digital – EPN. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/24433>
- Puentes, R. (2023). *Propuesta de flujo de trabajo basado en Python para la automatización de la generación de mapas de riesgo de inundación y su implementación en las*

confederaciones hidrográficas del Cantábrico y del Duero. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Madrid], Archivo Digital UPM. <https://oa.upm.es/80331/>

Vasquez, J. (2023). *Automatización del proceso de validación y carga de redes de gas en Lima y Callao*. [Informe por suficiencia profesional, Universidad Nacional Federico Villarreal], Repositorio Científico Universidad Nacional Federico Villarreal. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/8341>

VII. ANEXOS

ANEXO A: Vista en Google Earth de mallas con manzanas del estrato 3



ANEXO B: Vista en Google Earth de mallas con manzanas del estrato 2

