

**GENERACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO
QUE FACILITE LA INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN
ALFANUMÉRICA Y ESPACIAL AL IGUAL QUE LA ADMINISTRACIÓN
DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA SUBESTACIÓN ESCOBAL CÚCUTA**

EMILIO JOSÉ JAIMES BARAJAS



**UNIVERSIDAD DE
MANIZALES**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2018**

**GENERACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO QUE
FACILITE LA INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN ALFANUMÉRICA Y
ESPACIAL AL IGUAL QUE LA ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO
DE LA SUBESTACIÓN ESCOBAL CÚCUTA**

EMILIO JOSÉ JAIMES BARAJAS

Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar
al título de Especialista en Información Geográfica

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2018**

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	8
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
1. ÁREA PROBLEMÁTICA	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo General	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3. JUSTIFICACIÓN	16
4. MARCO TEÓRICO	17
4.1 CENS S.A. E.S.P. (Centrales Eléctricas del Norte de SAntander)	17
4.2 Circuito Eléctrico	17
4.3 Sistema de Información Geográfica (SIG)	18
4.4 Antecedentes	18
5. METODOLOGÍA	23
5.1 Tipo de Trabajo	23
5.2 Procedimiento	23
5.2.1 Recopilación y organización de la información requerida	23
5.2.2 Arquitectura de los datos de la geodatabase GDB	23
5.2.3 Implementación de la geodatabase GDB	24
5.2.4 Elaboración de información espacial requerida	25
6. RESULTADOS	26
6.1 Descripción de Resultados	26
6.1.1 Nombre de la geodatabase	26
6.1.2 Normalización de la información de insumo	26
6.1.3 Estructura de la geodatabase	27
6.1.4 Diccionario de datos	28

6.1.5	Importación y diligenciamiento de la geodatabase	42
6.1.6	Control de calidad de la información	45
6.1.7	Diligenciamiento de Metadatos	48
6.1.8	Creación de mapa para captura en campo con Collector for ArcGIS	49
6.2	Discusión de Resultados	51
7.	CONCLUSIONES	53
8.	RECOMENDACIONES	54
9.	BIBLIOGRAFÍA	55

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Localización área de estudio	13
<i>Figura 2.</i> Estructura actual de los sistemas eléctricos de potencia	19
<i>Figura 3.</i> Visión general de la red inteligente	20
<i>Figura 4.</i> Contenido inicial insumo de APOYO en tabla de texto csv	26
<i>Figura 5.</i> Información de insumo normalizada	27
<i>Figura 6.</i> Estructura de la Geodatabase	28
<i>Figura 7.</i> Generación de los dominios en la GDB	43
<i>Figura 8.</i> Generación de subtipos en los Feature Class	43
<i>Figura 9.</i> Generación de Shape File de geometría tipo punto desde ArcMap	44
<i>Figura 10.</i> Generación de Shape File de geometría tipo línea desde ArcMap	44
<i>Figura 11.</i> Cargue masivo de registros en Feature Class de la GDB	45
<i>Figura 12.</i> Creación de topología con los <i>Feature Class</i>	46
<i>Figura 13.</i> Reglas topológicas aplicadas en la GDB.	47
<i>Figura 14.</i> Corrección de errores topológicos en la GDB	47
<i>Figura 15.</i> Configuración de la simbología y visualización en ArcMap	48
<i>Figura 16.</i> Plantilla institucional de metadatos ANLA	49
<i>Figura 17.</i> Habilitación de atributos tipo imagen y video	50
<i>Figura 18.</i> Generación de relacione entre <i>Feature Class</i> y tablas	50
<i>Figura 19.</i> Generación del servicio con éxito en ArcGIS Online	51

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Estructura Modelo de Datos</i>	28
Tabla 2. <i>Estructura campos Feature Class APOYO</i>	29
Tabla 3. <i>Estructura campos Feature Class CIRCUITO</i>	30
Tabla 4. <i>Estructura campos Feature Class SUBESTACION_PG</i>	31
Tabla 5. <i>Estructura campos Feature Class SUBESTACION_PT</i>	32
Tabla 6. <i>Estructura campos Feature Class TRAFO</i>	33
Tabla 7. <i>Dominios generados GDB</i>	35
Tabla 8. <i>Sistema de coordenadas empleado en la GDB</i>	42

ANEXOS

Información Geográfica

1_Geodatabase

Sistema_Electrico_CENS.gdb

SE_ESCOBAL

APOYO

CIRCUITO

SUBESTACION_PG

SUBESTACION_PT

TRAFO

Sistema_Electrico_CENS_Collector.gdb

SE_ESCOBAL_Collector

APOYO_Collector

TRAFO_Collector

APOYO_Collector__ATTACH

APOYO_Collector__ATTACHREL

TRAFO_Collector__ATTACH

TRAFO_Collector__ATTACHREL

2_Insumos

APOYO.csv

CIRCUITO.csv

SUBESTACION_PT. .csv

TRAFO.csv

3_Metadatos

APOYO.xlsx

CIRCUITO.xlsx

SUBESTACION_PG.xlsx

SUBESTACION_PT.xlsx

TRAFO.xlsx

4_Plantillas_MXD

SE_CENS.mxd

SE_CENS_Collector.mxd

5_Documentación

Diccionario Datos Sistema Eléctrico CENS S.A. E.S.P..xlsx

GLOSARIO

Apoyo: infraestructura de tipo poste, torre, torrecilla que soporta los conductores de la electricidad desde su origen hasta su consumo final, esta información es representada por entidades con geometría tipo punto.

ArcGIS: software propietario de la casa matriz ESRI especializado en generación, almacenamiento, actualización y distribución de los sistemas de información geográficos.

Campo: atributo que conforma los *Feature Class*, puede contener información alfanumérica, gráfica, espacial, entre otras.

CENS S.A. E.S.P.: “empresa de servicios públicos mixta de nacionalidad colombiana que está autorizada para la prestación del servicio público domiciliario de energía eléctrica, y sus actividades complementarias son la transmisión, distribución y comercialización, hace parte del grupo empresarial EPM desde 2009” (CENS, 2018, párr. 1).

Circuito: conjunto de conductores o cables que permiten la distribución de la energía desde su inicio hasta su final.

CREG: Comisión de Regulación de Energía y Gas.

Dato: información alfanumérica, espacial o gráfica que representa la información característica y temática de un *Feature Class*.

Diccionario de datos: documento en el cual se plasma la información necesaria que facilite la interpretación de sistema de información geográfico generada, detallando las características principales para el diligenciamiento, contemplando detalles como campo, tipo, tamaño, geometría, entre otras.

Dominio: conjunto de valores que puede tomar un campo en específico, facilitando el diligenciamiento del mismo.

Feature Class: capa perteneciente a un *Feature Dataset* que representa información alfanumérica con datos espaciales y es representada por geometría de tipo punto, línea o polígono.

Feature Dataset: subdivisión dentro de una geodatabase que permite organizar la información de acuerdo con una temática geográfica y alfanumérica en específico; está conformada por *Feature Class* o tablas.

Geodatabase GDB: entorno de software propietario que facilita el almacenamiento de la información alfanumérica y espacial de una o varias temáticas relacionadas con la información geográfica, con la finalidad de aportar de una manera más ágil a la toma de decisiones

Geometría: representación gráfica de la información temática de la geodatabase, puede ser de tipo punto, línea o polígono.

RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.

SIG: Sistema de Información Geográfico que reúne información alfanumérica, gráfica, espacial.

Sistema eléctrico: conjunto de estructuras y equipos que permiten conducir la electricidad, a través de un conductor desde la fuente de energía hasta el consumo final.

SDL: Sistema de Distribución Local de energía eléctrica.

SPARD: Sistema de Información Geográfica SIG especializado en redes eléctricas.

STR: Sistema de Transmisión Regional de energía eléctrica.

STN: Sistema de Transmisión Nacional de energía eléctrica.

Subtipo: valores condiciones que puede tomar un campo dependiendo directamente del valor o condición de otro campo en específico.

Subestación: conjunto de infraestructura y equipos que permite recibir la electricidad del punto de origen y la distribuye hasta el consumo final.

Transformador: equipo eléctrico que permite transformar la electricidad de un nivel de tensión de entrada y otro diferente de salida para su distribución final.

UPME: Unidad de Planificación Minero Energética.

RESUMEN

Actualmente, los sistemas de información geográfica se han convertido en una de las principales herramientas para la toma de decisiones en las entidades que adhieren información atributiva con la espacial, por lo que facilita la interpretación y presentación de la información en su contexto geográfico espacial. Cabe señalar que el sector eléctrico no es la excepción, puesto que por ser un prestador de servicios públicos está regulado por entidades como la CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas) en cuanto a la prestación de un servicio con calidad, continuidad y confiabilidad, al igual que por la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) que vigila la construcción y puesta en operación de infraestructura eléctrica para la conducción de electricidad desde su generación, transmisión, distribución y consumo final.

Es de mencionar que Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P. en la actualidad no tiene un sistema de información geográfico integral que le facilite la presentación de la información y a su vez, la toma de decisiones oportunas respecto a su sistema eléctrico, debido a que su información está almacenada en dos softwares independientes; además, en el software geográfico no se cuenta con la configuración atributiva del mismo sino que se tiene que recurrir al propietario de este para realizar inclusiones, eliminaciones o modificaciones de los campos o atributos contemplados en el como de la simbología, por ejemplo.

Es por ello que este proyecto se realiza en una de sus subestaciones Eléctricas un SIG, de modo que le permita la administración y actualización de la información sin recurrir a terceros. El SIG se lleva a cabo con base en los requerimientos propios y de entidades reguladoras para facilitar la generación, almacenamiento, actualización, manipulación y comprensión de la información alfanumérica y espacial que hace parte del sistema eléctrico de la subestación Escobal en el municipio de Cúcuta.

Así, con la implementación de formularios de campo en ArcGIS *online*, se garantiza la optimización de los recursos asignados: recurso humano y recurso tiempo, en los procesos de actualización de la información; lo que se ve reflejado en costos, siendo un factor fundamental de toda empresa, facilitando la planificación, seguimiento y control de sus proyectos contribuyendo con un insumo principal en la toma de decisiones en la viabilidad o no de los mismos.

PALABRAS CLAVE: Apoyo, CENS S.A. E.S.P., Circuito, Dominio, Geodatabase, Sistema Eléctrico, Subestación, Subtipo, Transformador.

ABSTRACT

Currently, geographic information systems have become one of the main tools for decision-making in entities that adhere to astrological information with space, so it facilitates the interpretation and presentation of information in its spatial geography context. It should be noted that the electricity sector is not the exception, since being a provider of public services is regulated by entities such as CREG (Commission for Regulation of Energy and Gas) in terms of providing a service with quality, continuity and reliability , as well as by the UPME (Energy Mining Planning Unit) that oversees the construction and commissioning of electrical infrastructure for the conduction of electricity from its generation, transmission, distribution and final consumption.

It is worth mentioning that Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P. At present, it does not have an integral geographical information system that facilitates the presentation of information and, in turn, the taking of appropriate decisions regarding its electrical system, because its information is stored in two independent softwares; In addition, in the geographic software there is no configuration attributive of the same but you have to resort to the owner of it to make inclusions, deletions or modifications of the fields or attributes referred to in the as of the symbology, for example.

That is why this project is carried out in one of its electrical substations, a GIS, so that it allows the administration and updating of the information without resorting to third parties. The GIS is carried out based on the own requirements and of regulatory entities to facilitate the generation, storage, updating, manipulation and understanding of the alphanumeric and spatial information that is part of the electrical system of the Escobal substation in the municipality of Cúcuta.

Thus, with the implementation of field forms in ArcGIS online, the optimization of assigned resources is guaranteed: human resource and time resource, in the reprocessing of information update; what is reflected in costs, being a fundamental factor of any company, facilitating the planning, monitoring and control of their projects contributing with a main input in making decisions on the viability or not of them.

KEY WORDS: Support, CENS S.A. E.S.P., Circuit, Domain, Geodatabase, Electrical System, Substation, Subtype, Transformer.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de proyecto de grado está enfocado en facilitar la generación, integración, manipulación, actualización, visualización y comprensión de la información geográfica que conforma el sistema eléctrico de la subestación Escobal de Centrales Eléctricas del Norte de Santander, mediante la generación de un Sistema de Información Geográfico SIG que facilite la administración de los datos del sistema y actualización, optimizando los recursos asignados.

Teniendo presente que actualmente la información del sistema eléctrico de la subestación Escobal se encuentra en un entorno, en el cual el personal encargado de la empresa no cuenta con una manipulación total a la información, requiriendo acudir al propietario del software para la modificación inclusión o eliminación de atributos, lo que conlleva a la sobreutilización de los recursos asignados aumentando costos en el desarrollo de esta actividad.

Por esta razón, principalmente, es la que lleva a la generación del SIG en el entorno ArcGIS de ESRI, el cual facilita la integración y administración de la información alfanumérica y espacial, permite la utilización de aplicativos y herramientas que evitan reprocesos en la actualización de la misma. En el entorno de ArcGIS, la actualización de la información en la geodatabase se facilita, mediante la generación de dominios y subtipos que disminuyen los errores de diligenciamiento por parte de los operadores del SIG; al igual que la actualización en campo de la infraestructura de remodelación o expansión de las obras de la empresa, a través de aplicativos que permiten trabajar en línea con el SIG o actualizarlo, una vez se tenga acceso a una red de datos móviles como es el caso del ArcGIS *online*.

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

Los sistemas de información geográfica SIG se han convertido en una herramienta fundamental para la planificación, control y toma de decisiones en todos los escenarios, tanto en el sector público como en el sector privado, el sistema eléctrico no es la excepción. El área de influencia de Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A E.S.P CENS está conformada por los 40 municipios de Norte de Santander, seis municipios del sur del Cesar y un municipio del sur de Bolívar (CENS, s.f.). La subestación eléctrica Escobal se encuentra localizada al sureste de casco urbano del municipio de Cúcuta, capital del departamento de Norte de Santander (ver **Error! Reference source not found.**).

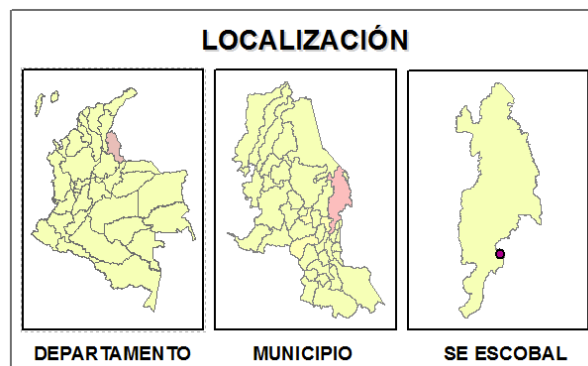


Figura 1. Localización área de estudio

Fuente: elaboración propia

Resulta pertinente anotar que una de las causas de migrar la información existente que se encuentra en dos software independientes es la integración de la información para la realización de consultas, para la toma de decisiones en lo relacionado con la remodelación, el mantenimiento y continuar con la idea del reproceso para la actualización de la información, al igual que optimizar los recursos asignados a los proyectos y toma de decisiones oportunas para mantenimiento de la infraestructura.

De igual modo, la empresa CENS actualmente cuenta con unas herramientas que no hacen fácil la actualización, manipulación, revisión y comprensión de la información que hace parte del sistema de distribución, dado que está contenida en dos software distintos, una de ellas es el software denominado SPARD, en el cual se integra la información gráfica espacial con parte de la información alfanumérica y el complemento de dicha información se encuentra en una base de datos independiente, por lo cual hace más compleja la revisión y abstracción al momento de realizar consultas y determinar las zonas prioritarias para la ejecución del mantenimiento de la infraestructura (Energy Computer Systems, s.f.).

Entonces, viendo esta necesidad se hace necesaria la implementación de una herramienta geoinformática que permita facilitar la manipulación y comprensión de

la información que conforma el sistema eléctrico de distribución de la subestación Escobal, para que la subgerencia de distribución cuente con una herramienta útil y eficaz de planificación que permitan que opere con criterios de calidad y confiabilidad exigidos por la regulación vigente.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Generar un sistema de información geográfica que facilite la integración de la información alfanumérica y espacial, al igual que la administración del sistema eléctrico de distribución de la subestación Escobal del municipio de Cúcuta en el departamento de Norte de Santander.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proponer un modelo de datos para el sistema de información que integre la infraestructura del Sistema de Distribución Local SDL de la subestación Escobal.
- Delimitar las zonas que presentan prioridad para la ejecución de las labores de mantenimiento, buscando garantizar la calidad y confiabilidad del servicio.
- Determinar las alertas que permitan a la subgerencia de distribución establecer los periodos de mantenimiento de los elementos que conforman el sistema eléctrico de distribución de la subestación.
- Diseñar un formato en el aplicativo ArcGIS Collector que permita actualizar la información de una manera más rápida y precisa.

3. JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta que los sistemas de información geográfico en la actualidad se han convertido en una de las herramientas fundamentales para la planificación, el seguimiento, el control y la toma de decisiones de las actividades propias de las empresas que integran información espacial con la atributiva, se crea la necesidad de implementar una base de datos que permita actualizarla, generar, consultar y analizar de una manera más integral y rápida dicha información.

Ahora bien, para las empresas prestadoras de servicios públicos de energía eléctrica es fundamental dar cumplimiento con la normatividad y reglamentación de la CREG Comisión de Regulación de Energía y Gas que es el ente regulador de este servicio, vigilando que el mismo se preste con criterios de calidad, continuidad y confiabilidad; es por esta razón que el Sistema de Información Geográfico permite interpretar mas ágilmente la información del sistema eléctrico de la subestación.

Esta herramienta geoinformática también es esencial para la programación de mantenimientos, remodelaciones y expansión de la infraestructura, lo que significa que facilita la actualización, suministro de información y localización del personal en el campo, mediante la creación de formularios en aplicativos como el ArcGIS Collector. De esta manera, se pretende con la implementación de este sistema de información geográfica integrar, facilitar y dinamizar la información del sistema de distribución eléctrico de la subestación Escobal, atendiendo los requerimientos de las entidades estatales en relación a la información geográfica del sector eléctrico, al igual que la obtimización de los recursos en la actualización de la misma, implementando aplicaciones *online* que facilitan dicha actividad.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 CENS S.A. E.S.P. (CENTRALES ELÉCTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER)

[...] Es una empresa de servicios públicos mixta de nacionalidad colombiana, constituida como sociedad por acciones del tipo de las anónimas, sometida al régimen general de los servicios públicos domiciliarios y que ejerce sus actividades dentro del ámbito del derecho privado como empresario mercantil. La empresa como la conocemos hoy, fue constituida el 16 de Octubre de 1952 mediante Escritura Pública 3552 de la Notaría Octava de Bogotá y quedó configurada como filial del Grupo Empresarial EPM a partir del 19 de marzo de 2009.

CENS S.A E.S.P está autorizada para prestar el servicio público domiciliario de energía eléctrica

Dentro de su objeto social, **CENS S.A E.S.P** está autorizada para prestar el servicio público domiciliario de energía eléctrica y sus actividades complementarias de transmisión, distribución y comercialización, así como la comercialización y prestación de servicios de telecomunicaciones y las actividades que la complementen, de acuerdo con el marco legal regulatorio.

Estos servicios son prestados por la empresa en Cúcuta y su área metropolitana, Departamento Norte de Santander, sur del Departamento del Cesar y sur del Departamento de Bolívar, para lo cual cuenta con cuatro (4) regionales ubicadas en los municipios de Pamplona, Ocaña, Tibú y Aguachica y 39 localidades que atienden 47 municipios. (CENS, s.f., párr. 1)

4.2 CIRCUITO ELÉCTRICO

“Es necesario aclarar que la red de transporte de energía eléctrica está constituida por la infraestructura necesaria para llevar el servicio desde el punto de generación hasta los puntos de consumo mediante la utilización de (conductores)” (Hincapié, 2016, p. 20). En otras palabras, una línea de transporte de energía eléctrica o circuito eléctrico se establece como el medio físico por el cual se realiza la transmisión en líneas de alta tensión (115, 220, 500 kV) y de distribución en los niveles de tensión de media (13.2, 13.8, 34.5 kV) y baja tensión (110, 220 V) que llegan hasta el punto final de consumo o clientes.

Se consideran como instalaciones eléctricas: “los circuitos eléctricos con sus componentes, tales como, sistemas conductores, equipos, máquinas y aparatos que conforman un sistema eléctrico y que se utiliza para la generación, transmisión, transformación, distribución o uso final de la energía

eléctrica” (Resolución 90708, 2013, p. 9). Los circuitos de distribución que son objeto de análisis en este estudio están ubicados al final de la cadena de transporte de energía, estos llevan el servicio desde la subestación hasta el consumidor final (Hincapié, 2016, p. 20).

4.3 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Según la definición dada por la National Center for Geographic Informations and Analysis (NCGIA), un Sistema de Información Geográfica es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión. (Castrillón & Zuluaga, 2015, p. 22)

En ese orden de ideas, los sistema de información geográfica permiten separar la información de acuerdo con la temática a utilizar, almacenándolas de manera independiente en subcarpetas denominadas *Feature Dataset*, posibilitando trabajar con ellas de una forma ágil y sencilla, facilitando le implementación de herramientas o geoprocursos, lo cual genera nueva información que difícilmente se puede obtener por otros medios.

De tal modo, la información puede ser almacenada en formato Raster (imágenes de Satélite, Fotografías Aéreas, Ortofotos, Modelos de Elevación Digital, entre otros), como también en formato Vector (con geometría de puntos, líneas y polígonos) al igual que el almacenamiento de tablas.

4.4 ANTECEDENTES

Al definir la aproximación del fenómeno a conocer y los propósitos de la presente investigación, es necesario establecer los antecedentes que sustentan el estudio en cuestión, puesto que estos constituyen el marco de referencia que permite ubicar el tema dentro del área del conocimiento general; estos tienen que incluir una buena revisión de la bibliografía existente sobre el problema planteado. Seguidamente, se desarrolla cada uno de los antecedentes realizados sobre los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en los sistemas de distribución de energía, que sirven de soporte para la realización del proyecto son las siguientes:

En primer lugar, Bedoya-Cadena, Mora-Flórez y Pérez-Londoño (2012) realizaron un estudio en la Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira-Colombia, denominado “Estrategia de reducción para la aplicación generalizada de localizadores de fallas en sistemas de distribución de energía eléctrica”, cuyo objetivo general fue implementar una estrategia para lectura y procesamiento de la información del circuito real, con la aplicación de una metodología para la reducción

de cualquier circuito a un equivalente simplificado con un único lateral de cargas intermedias, para la localización de fallas en sistemas de distribución reales.

Los resultados demuestran que la localización de fallas maneja un error confiable para redes de distribución de 13,2 kV, inferiores al 3,5 % pero sin embargo presenta subestimaciones a mayor resistencia de falla de 10 Ω . Para la resistencia de 0,5 Ω siempre se sobrestima el sitio de falla y para las resistencias de 5 Ω inicialmente se subestima el sitio de falla y a partir de los 15 km del circuito se sobreestima el sitio de falla. (Bedoya-Cadena *et al.*, 2012, p. 35)

El presente estudio posee una relevancia teórica con el estudio de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en los sistemas de distribución eléctrica ya que mediante la implementación de metodologías relacionadas con la localización de fallas en el sistema eléctrico se pueden interpretar, visualizar y orientar mucho mejor los resultados, utilizando los Sistemas de Información Geográfica para el análisis y toma de decisiones.

Asimismo, Coronel (2011) elaboró una investigación titulada “Estudio para la implementación del sistema de infraestructura de medición avanzada (AMI) en la empresa eléctrica regional del centro sur C.A.”, con el propósito de realizar un análisis global de esta tecnología. Puntualizando que la Red Eléctrica Inteligente plantea algunos conceptos difusos, pues las aplicaciones y servicios parecen en principio ser ilimitados.

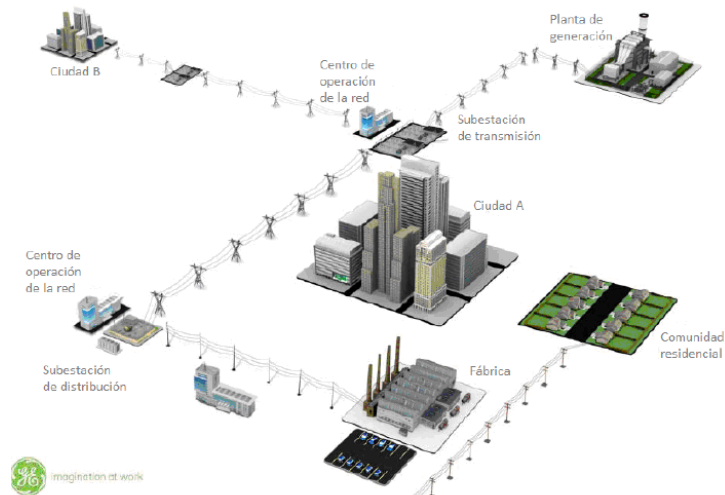


Figura 2. Estructura actual de los sistemas eléctricos de potencia
Fuente: (Coronel, 2011, p. 27)

De manera que los resultados del estudio demuestran una clara tendencia en la implementación de sistemas inteligentes sobre la industria de las empresas de servicios públicos, las cuales se encargan de la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía, que apuntan en un futuro a un manejo de red inteligente.

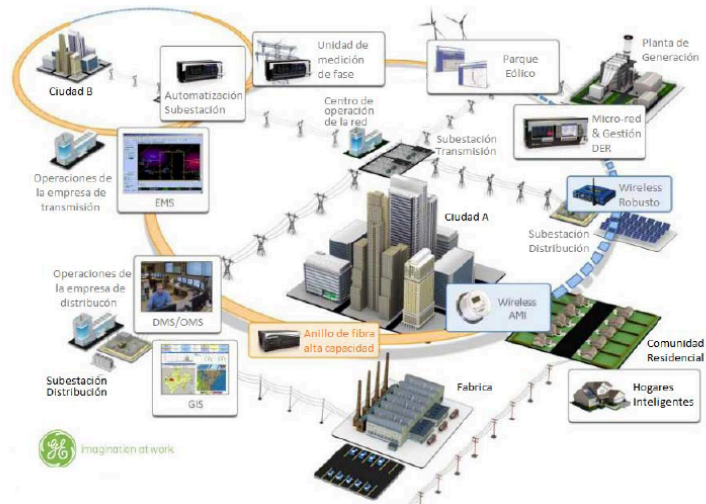


Figura 3. Visión general de la red inteligente
Fuente: (Coronel, 2011, p. 30)

Entre tanto, la presente investigación se relaciona con el estudio en cuestión, puesto que tienden a implementar metodologías y prácticas que permitan y faciliten la administración, control y supervisión de los sistemas de distribución eléctrica, posibilitando que los sistemas de información geográfica se integren, suministrando una mejor interpretación de la información espacial geográficamente obtenida.

Por otro lado, Chávez, (2002) en su estudio del Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México, titulado "Planeación de sistemas de distribución de energía eléctrica con consideraciones de la calidad de la energía a los usuarios", cuyo objetivo fue desarrollar una metodología para considerar en la planeación de las redes de distribución los aspectos de la calidad en el suministro eléctrico a los usuarios, así como los costos asociados a estos.

Así pues, los resultados obtenidos en dicho estudio evidenciaron que la metodología aplicada a una red radial y los efectos de depresiones de voltaje causados por fallas de corto circuito tiene una repercusión global, siendo más severa en alimentadores industriales que en alimentadores residenciales; los efectos por fluctuaciones de voltaje por arranques de motores de inducción en los usuarios industriales no es tan considerable en magnitud ni en frecuencia; mientras que la metodología aplicada a redes radiales y los efectos de las elevaciones rápidas de voltaje no tienen

consecuencias considerables en los usuarios del sistema. Además, este estudio tiene inferencia en la investigación en cuestión dado que permite determinar la localización de los diferentes tipos de usuarios, así como la afectación a los mismos por las fluctuaciones del servicio.

Por su parte, Olaya, Murillo y Trejos (2003) en su investigación de la Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira-Colombia, titulada “Estudios del pronóstico de la demanda de energía eléctrica, utilizando Modelos de series de tiempo”, tuvo como objetivo realizar un pronóstico de demanda de energía eléctrica, utilizando una metodología ARIMA (*Autorregresive-Integrated-Moving Average*), y el paquete estadístico SPSS (*Statistical package for the social sciences*), durante un intervalo de tiempo, desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre del 2001.

Los resultados arrojados describen que es posible modelar los consumos de energía eléctrica en los municipios de Colombia, utilizando la metodología propuesta, dado que el comportamiento de estas series no es completamente aleatorio y se puede describir como series de tiempo con una alta probabilidad de éxito en la modelación, a través de dicha metodología.

Por otra parte, la relevancia del presente antecedente radica en que los modelamientos de series de tiempo y los sistemas de información geográfica permiten la comprensión, simulación y precisión de los lugares, las demandas interpretadas y visualizadas en una sola interfaz, lo cual permite tomar decisiones de una manera más ágil y eficaz, posibilitando de esta manera la prestación de un servicio con calidad y confiabilidad, teniendo en cuenta que los entes reguladores buscan que las empresas de servicios públicos brinden a sus usuarios.

De igual forma, Sendra y García (2000) de la Universidad Complutense, Madrid-España, en su estudio titulado “El uso de los Sistemas de Información Geográfica en la planificación territorial”, tuvieron como objetivo estudiar las posibilidades de interconexión de los SIG (Sistemas de Información Geográfica) y EMC (Técnicas de Evaluación Multicriterio) y su uso para resolver diversos tipos de problemas de planificación ambiental. Los investigadores concluyen que los SIG son útiles en multitud de actividades, en conjunto se podrían clasificar en dos grandes grupos: el primero es “la Gestión y Descripción del Territorio, es decir se trata de contestar la pregunta ¿Dónde están las “cosas”?” (Sendra & García, 2000, p. 49) y la segunda es “Ordenación y Planificación del Territorio en este caso se trata de responder a cuestiones de tipo ¿Dónde deben estar las “cosas”?” (Sendra & García, 2000, p. 49). De otro lado, las Técnicas de Evaluación Multicriterio constituyen un variado conjunto de métodos matemáticos que permiten medir, de la manera más precisa posible, la validez relativa de cada conjunto de soluciones respecto a un problema concreto.

El estudio en cuestión resulta de gran relevancia e importancia porque determina que la combinación de los Sistemas de Información Geográfica con las diferentes metodologías implementadas para los sistemas de distribución eléctrica que permiten localizar fallas de servicio, medir la confiabilidad del sistema, inferir o modelar demandas futuras con series de tiempo, entre otras, ayudando a comparar de modo preciso las diferentes soluciones y a la vez, escoger algunas de ellas como las más convenientes; todo esto involucrado con la planificación, la administración, la supervisión y el control de un sistema eléctrico de calidad y confiabilidad que permita cubrir las demandas e incremento de los usuarios.

Finalmente, Arriagada (1994) en su investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile titulada “Evaluación de Confiabilidad en sistemas eléctricos de distribución” estableció como objetivo:

Desarrollar una metodología para evaluar índices de confiabilidad de redes de distribución de energía eléctrica, tomando como criterio de éxito la continuidad del servicio y la elaboración de una metodología que permita, mediante un proceso de optimización, identificar elementos de la red en los cuales intervenir recursos para lograr mejorar los niveles de disponibilidad del servicio. (Arriagada, 1994, p. 16)

Así pues, la conclusión de la investigación permite determinar que se elaboran con éxito metodologías para evaluar índices de confiabilidad en sistemas eléctricos de distribución de media tensión que operan en forma radial, los cuales tienen aceptación mundial, siendo conocidos como SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) y SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*).

De tal manera que se evidencia la relevancia del presente estudio, en cuanto a la evaluación de la confiabilidad del sistema eléctrico de distribución, puesto que con la elaboración del Sistema de Información Geográfica de la subestación eléctrica El Escobal, se pretende integrar las metodologías y herramientas geoinformáticas que permitan evaluar, monitorear y determinar las interrupciones presentes en el sistema eléctrico de distribución, con el fin de optimizar las medidas de mantenimiento necesarias para garantizar la prestación de un servicio con calidad y confiabilidad, de acuerdo con las demandas y crecimientos de los usuarios en la región.

5. METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE TRABAJO

El SIG_SE_EL_ESCOBAL es una aplicación que permitirá utilizar las herramientas geoespaciales para la actualización, el monitoreo y el control de la infraestructura eléctrica de la subestación Escobal.

5.2 PROCEDIMIENTO

5.2.1 Recopilación y organización de la información requerida

Con base en los requerimientos de la empresa y teniendo en cuenta la información que solicitan las entidades regulatorias del servicio de energía, se realiza la solicitud de la información al área de Tecnologías de la Información (TI) que se encuentra almacenada en una base de datos en el entorno ORACLE; esta información se exporta mediante tablas de texto csv, en este archivo se tiene información alfanumérica y espacial de la infraestructura que conforma el sistema eléctrico de la subestación Escobal, además se normaliza con la finalidad de cargarla en una Geodatabase de entorno ESRI generado. Igualmente, se establece la utilización del software propietario ArcGIS Desktop 10.5.1 de ESRI, dado que este es el software SIG más utilizado por las entidades estatales y privadas a nivel nacional y mundial.

- **Tablas de texto csv.** Esta información es exportada de la base de datos de entorno ORACLE, en el cual Centrales Eléctricas del Norte de Santander CENS S.A. E.S.P. almacena la información de su infraestructura eléctrica.
- **Normalización de la información.** De acuerdo con los requerimientos de la empresa y teniendo en cuenta la información que requieren los entes regulatorios y en general, los grupos de interés con los que tiene relación la organización, se depura la información requerida para la generación de la Geodatabase.

5.2.2 Arquitectura de los datos de la geodatabase GDB

Esta estructura de la información que contempla la Geodatabase o GDB se realiza de acuerdo con los requerimientos de Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P. CENS, y teniendo como referencia la Estructura de Datos del Sistema Interconectado Nacional de la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. Es de mencionar que el objeto de esta entidad es:

Planear en forma integral, indicativa, permanente y coordinada con los agentes del sector minero energético, el desarrollo y aprovechamiento de los recursos mineros y energéticos; producir y divulgar la información requerida para la formulación de políticas y toma de decisiones; y apoyar al Ministerio de Minas y Energía en el logro de sus objetivos y metas. (Unidad de Planeación Minero Energética [UPME], s.f., párr. 5)

- **Diseño de los Datos.** Para la estructuración de la GDB se tomó como referencia la Estructura de Datos del Sistema Interconectado Nacional de la Unidad de Planeación Minero Energética SIN UPME y los requerimientos de la Centrales Eléctricas del Norte de Santander, para generar una geodatabase con la siguiente información o estructura Sistema_Electrico_CENS.gdb, con el Feature Dataset SE_ESCOBAL y los *Feature Class* APOYO, CIRCUITO, SUBESTACION_PG, SUBESTACION_PT y TRAF0.

5.2.3 Implementación de la geodatabase GDB

Una vez estructurada la Geodatabase de la Subestación Eléctrica Escobal se procedió a cargar la información obtenida de la base de datos de ORACLE, mediante las tablas de texto csv.

- **Cargue de la Geodatabase.** Por medio de la utilización del Software ArcGIS Desktop 10.5.1 se pasó a realizar el cargue de la información contenida en tablas de texto csv, exportadas de la base de datos en entorno ORACLE.
- **Visualización de la infraestructura.** Con la utilización de la aplicación ArcMap se puede ver gráficamente la localización de la infraestructura eléctrica que conforma la subestación Escobal; también es pertinente utilizar ArcGIS Explorer, aunque en la actualidad ya esta discontinuada las actualizaciones de esta aplicación son de gran ayuda para la visualización de archivos tipo vector y rastes en el entorno ESRI.
- **Catalogo de objetos.**

Un catalogo de objetos geográfico es el documento donde se describe de manera completa el contenido y estructura de la información georreferenciada, permitiendo establecer un lenguaje común que permita la comprensión y por tanto en el uso e intercambio de la información. (Portal GEOIDEP, s.f., párr. 2)

5.2.4 Elaboración de información espacial requerida

Vale señalar que se requiere generar la información cartográfica necesaria para la localización de la infraestructura para las actividades de mantenimiento, remodelación y monitoreo del sistema eléctrico que hace parte de la subestación Escobal.

- **Cartografía temática de localización.** Generación de salidas gráficas en formato análogo para la ubicación del personal operativo de mantenimiento y remodelaciones de la infraestructura eléctrica de la SE Escobal.
- **Diseño de formulario de actualización.** Con la finalidad de agilizar la actualización de la infraestructura eléctrica de la SE Escobal se diseña un formulario, para ser utilizado mediante la aplicación de ArcGIS Collector del software propietario ArcGIS de ESRI, con el fin de agilizar y evitar retrocesos en las labores relacionadas con la actualización de la información referente al mantenimiento, expansión y reposición de la infraestructura.

6. RESULTADOS

6.1 DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

Definida la necesidad de CENS en la la información contenida en el SIG del sistema eléctrico de la subestación Escobal se genera una Base de Datos Geográfica GEODATABASE que se describe a continuación.

6.1.1 Nombre de la geodatabase

Dado que este ejercicio se pretende replicar en toda la infraestructura eléctrica de la empresa, el nombre designado para la geodatabase GDB es Sistema_Electrico_CENS.

6.1.2 Normalización de la información de insumo

Con la información de insumo en tablas de textos csv., se normaliza la información en concordancia con los requerimientos de la empresa y con base en la estructura de los datos geográficos de la Unidad de Planificación Minero Energética UPME, se realiza la depuración de la información requerida y se verifica que los campos coincidan con el tipo de dato y tamaño para no tener inconvenientes en el cargue de la información en la GDB.

FID	ID_APOYO	descriptio	address	project	assembly	user_	picture	symbol	metercode	customers	customer_0	customer_1	customer_2	ESTE	NORTE	datum	xsize	ysize	x
2	76	BMVP822	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	1178152	1364386	0	0	0
3	77	BMVP823	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	1178134	1365528	0	0	0
4	78	BMVP824	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178145	1364998	0	0	0
5	79	BMVP825	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178151	1364467	0	0	0
6	80	BMVP826	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178152	1364439	0	0	0
7	81	BMVP827	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178153	1364418	0	0	0
8	82	BMVP828	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178158	1363934	0	0	0
9	83	BMVP829	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178162	1363884	0	0	0
10	84	BMVP830	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178158	1365096	0	0	0
11	85	BMVP831	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178100	1365733	0	0	0
12	86	BMVP832	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178169	1365186	0	0	0
13	87	BMVP833	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178172	1365269	0	0	0
14	88	BMVP834	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	1178172	1365457	0	0	0
15	90	BMVP836	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178177	1365352	0	0	0
16	92	BMVP838	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178209	1363853	0	0	0
17	93	BMVP839	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178214	1364597	0	0	0
18	94	BMVP840	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178158	1365737	0	0	0
19	95	BMVP841	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178244	1363833	0	0	0
20	96	BMVP842	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178288	1363805	0	0	0
21	97	BMVP843	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178330	1363772	0	0	0
22	98	BMVP844	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178369	1363740	0	0	0
23	99	BMVP845	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178403	1363712	0	0	0
24	100	BMVP846	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1178437	1363683	0	0	0

Figura 4. Contenido inicial insumo de APOYO en tabla de texto csv
Fuente: elaboración propia con base en CENS (2018)

Así, una vez normalizada parte de la información que se requiere incluir en la estructura de la GDB, se guarda la información en el mismo formato obtenido en tabla de texto csv.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	ID_APOYO	ESTE	NORTE	ALTURA_APOYO	ESTADO	MATERIAL_APOYO	RESISTENCIA_MECANICA	NUMERO_APOYO	ZONA	NUMERO_INVENTARIO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO					
2	BMVP822	1178152	1364386	12	0	1	510	MP328	U	0	54	54001					
3	BMVP823	1178134	1365528	12	0	1	510	MP329	U	0	54	54001					
4	BMVP824	1178145	1364998	12	0	1	1000	MP330	U	0	54	54001					
5	BMVP825	1178151	1364467	12	0	1	750	MP331	U	MP331	54	54001					
6	BMVP826	1178152	1364439	12	0	1	510	MP332	U	MP332	54	54001					
7	BMVP827	1178153	1364418	12	0	1	510	MP333	U	MP333	54	54001					
8	BMVP828	1178158	1363934	12	0	1	1000	MP334	U	MP334	54	54874					
9	BMVP829	1178162	1363884	12	0	1	750	MP335	U	0	54	54874					
10	BMVP830	1178158	1365096	12	0	1	1000	MP336	U	MP336	54	54001					
11	BMVP831	1178100	1365733	12	0	1	510	MP337	U	MP337	54	54001					
12	BMVP832	1178169	1365186	12	0	1	1000	MP338	U	0	54	54001					
13	BMVP833	1178172	1365269	12	0	1	1000	MP339	U	0	54	54001					
14	BMVP834	1178172	1365457	14	0	1	750	MP340	U	MP340	54	54001					
15	BMVP836	1178177	1365352	12	0	1	1500	MP342	U	MP342	54	54001					
16	BMVP838	1178209	1363853	12	0	1	750	MP344	U	0	54	54874					
17	BMVP839	1178214	1364597	12	0	1	1000	MP345	U	MP345	54	54001					
18	BMVP840	1178158	1365737	12	0	1	510	MP346	U	0	54	54001					
19	BMVP841	1178244	1363833	12	0	1	750	MP347	U	0	54	54874					
20	BMVP842	1178288	1363805	12	0	3	400	MP348	U	0	54	54874					
21	BMVP843	1178330	1363772	12	0	3	400	MP349	U	0	54	54874					
22	BMVP844	1178369	1363740	12	0	3	400	MP350	U	0	54	54874					
23	BMVP845	1178403	1363712	12	0	3	400	MP351	U	0	54	54874					
24	BMVP846	1178437	1363683	12	0	3	400	MP352	U	0	54	54874					
25	BMVP847	1178471	1363653	12	0	3	400	MP353	U	0	54	54874					
26	BMVP848	1178497	1363623	12	0	3	400	MP354	U	MP354	54	54874					
27	BMVP684	1177527	1364998	12	0	1	750	MP184	U	MP184	54	54001					
28	BMVP685	1177532	1364825	12	0	1	1000	MP185	U	0	54	54001					

Figura 5. Información de insumo normalizada
Fuente: elaboración propia con base en CENS (2018)

Cabe aclarar que este procedimiento se llevo a cabo con la información de insumo en tabla de texto csv, de CIRCUITO, SUBESTACIONES_PT y TRAF0.

6.1.3 Estructura de la geodatabase

La estructura de la geodatabase se realizó teniendo en cuenta los requerimientos propios de la empresa, al igual que la información que es solicitada por otras entidades, como es el caso de la Unidad de Planficación Minero Energética UPME; la estructura de la GDB Sistema_Electrico_CENS se muestra en la **Error! Reference source not found..**

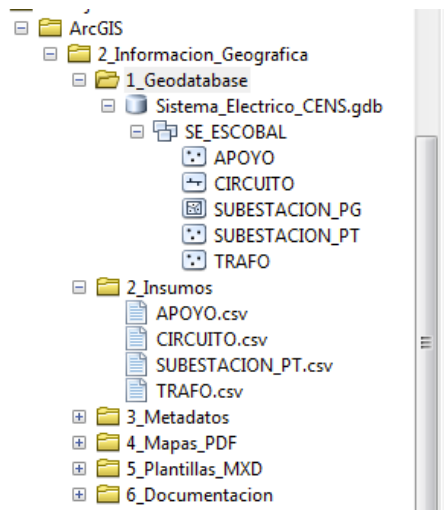


Figura 6. Estructura de la Geodatabase
Fuente: toma propia del software ArcGIS (s.f.)

6.1.4 Diccionario de datos

Una vez definidos el *Feature Dataset* y los *Feature Class* de la GDB se estructura un diccionario de datos, en el cual se tiene como referencia la estructura del modelo de datos geográfico SIN – UPME de la Unidad de Planeación Minero Energética y los requerimientos propios de la empresa, como se evidencia en la Tabla 1. Este archivo se encuentra en la carpeta 2_Información_Geografica, subcarpeta 6_Documentacion.

Tabla 1. Estructura Modelo de Datos

ESTRUCTURA DEL MODELO DE DATOS DE LA GEODATABASE PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO DE CENTRALES ELÉCTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. E.S.P.						
GEODATABAS E	FORMAT O	DATASET /TABLAS	TEMA	FEATURE CLASS	DESCRIPCIÓN	GEOMETRÍ A TIPO DATO
Sistema_Electri co_CENS.gdb	Vectorial	SE_ESCO BAL	Infraestructura eléctrica construida	APOYO	Corresponde a las estructuras tipo Apoyos del Sistema Eléctrico de CENS S.A. E.S.P. (STR Y SDL)	Punto
				CIRCUITO	Corresponde a los Circuitos del Sistema Eléctrico de CENS S.A. E.S.P. (STR Y SDL)	Línea
				SUBESTACION_P G	Corresponde a las subestaciones del STN/STR tipo polígono del Sistema Eléctrico de CENS S.A. E.S.P.	Polígono
				SUBESTACION_P T	Corresponde a las subestaciones del STN/STR tipo punto del Sistema Eléctrico de CENS S.A. E.S.P.	Punto
				TRAFO	Corresponde a los Transformadores del SDL del	Punto

ESTRUCTURA DEL MODELO DE DATOS DE LA GEODATABASE PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO DE CENTRALES ELÉCTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. E.S.P.						
GEODATABAS E	FORMAT O	DATASET /TABLAS	TEMA	FEATURE CLASS	DESCRIPCIÓN	GEOMETRÍA TIPO DATO
					Sistema Eléctrico de CENS S.A. E.S.P. (STR Y SDL)	

Fuente: elaboración propia

El diccionario de datos es el documento que contiene las características lógicas y puntuales de los datos que conforman un sistema de información geográfica y que contiene características como campo, tipo dato, tamaño, descripción, dominio y obligación/condición La estructura de cada uno de los campos que conforman los *Feature Class* se representa en las Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6.

Tabla 2. Estructura campos Feature Class APOYO

<i>Feature Class:</i>		APOYO				
<i>Geometría:</i>		Punto				
<i>Descripción</i>		Corresponde a las estructuras tipo Apoyos del Sistema Eléctrico de CENS S.A. E.S.P. (STR Y SDL)				
CAMPO	TIPO DE DATO	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN	DOMINIO	OBLIGACIÓN/CONDICIÓN	
ID_APOYO	String	50	Identificador del apoyo registrado en la base de datos de la empresa.	NA	SÍ	
NUMERO_APOYO	String	50	Número del apoyo asignado por la empresa.	NA	SÍ	
ID_CIRCUITO	String	50	Identificador del código del circuito registrado en la base de datos de la empresa.	NA	SÍ	
SISTEMA	Short Integer	NA	Sistema de transmisión al que esta asociado el apoyo.	Dom_Sistema	SÍ	
CLASE_APOYO	Short Integer	NA	Clase de apoyo.	Dom_Clase_Apoyo	SÍ	
TIPO_APOYO	Short Integer	NA	Referida a la disposición de los cables asociados al apoyo.	Dom_Tipo_Apoyo	SÍ	
ESTRUCTURA	Short Integer	NA	Tipo de estructura del apoyo.	Dom_Estructura	SÍ	
ALTURA_APOYO	Double	NA	Altura del apoyo [metros].	Dom_Altura_Apoyo	SÍ	
NUMERO_INVENTARIO	String	20	Número de registro en el inventario de la empresa.	NA	SÍ	
FECHA_FABRICACION	Date	NA	Fecha de fabricación de la infraestructura tipo apoyo.	NA	NO	
FECHA_INSTALACION	Date	NA	Fecha de la instalación de la infraestructura tipo apoyo.	NA	SÍ	
FECHA_REEMPLAZO	Date	NA	Fecha estimada en la cual se debe realizar el remplazo de la infraestructura.	NA	SÍ	
PROPIETARIO	Short Integer	NA	Propietario de la infraestructura.	Dom_Propietario	SÍ	
DEPARTAMENTO	Short Integer	NA	Departamento en donde se encuentra ubicada la infraestructura.	Dom_Departamento	SÍ	
MUNICIPIO	Short Integer	NA	Municipio en donde se encuentra ubicada la infraestructura.	Dom_Municipio	SÍ	
ESTADO	Short Integer	NA	Estado en el que se encuentra la infraestructura.	Dom_Estado	SÍ	

Feature Class: APOYO					
Geometría: Punto					
Descripción Corresponde a las estructuras tipo Apoyos del Sistema Eléctrico de CENS S.A. E.S.P. (STR Y SDL)					
CAMPO	TIPO DE DATO	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN	DOMINIO	OBLIGACIÓN/CONDICIÓN
MATERIAL_APOYO	Short Integer	NA	Material con que fue construido la infraestructura de apoyo.	Dom_Material_Apoyo	SÍ
RESISTENCIA_MECANICA	Short Integer	NA	Resistencia mecánica.	Dom_Resistencia_Mecanica	SÍ
ZONA	Short Integer	NA	Zona en la que esta ubicada la infraestructura.	Dom_Zona	SÍ
PROYECTO	String	200	Proyecto con la cual fue instalada la infraestructura.	NA	SÍ
ESTE	Double	NA	Coordenadas Este en Sistema Magna Colombia Bogotá.	NA	SÍ
NORTE	Double	NA	Coordenadas Norte en Sistema Magna Colombia Bogotá.	NA	SÍ
ALTITUD	Double	NA	Altura m.s.n.m.	NA	SÍ
OBSERVACION	String	150	Observación.	NA	NO

Fuente: elaboración propia

Tabla 3. Estructura campos Feature Class CIRCUITO

Feature Class: CIRCUITO					
Geometría: Línea					
Descripción Corresponde a los Circuitos del Sistema Eléctrico de CENS S.A. E.S.P. (STR Y SDL)					
CAMPO	TIPO DE DATO	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN	DOMINIO	OBLIGACIÓN/CONDICIÓN
ID_CIRCUITO	String	50	Identificador del código del circuito registrado en la base de datos de la empresa.	NA	SÍ
NOMBRE_CIRCUITO	String	50	Nombre del circuito asignado por la empresa.	NA	SÍ
SISTEMA	Short Integer	NA	Sistema de transmisión a la que pertenece el circuito.	Dom_Sistema	SÍ
ID_TENSION	Short Integer	NA	Identificador de tensión.	Dom_Tension	SÍ
ID_TRAMO	String	50	Identificador del tramo asociado al circuito por la empresa. (tramo en SDL es un segmento del circuito entre transformadores y tramo en STR es un segmento del circuito entre apoyos).	NA	SÍ
NIVEL_TENSION	Short Integer	NA	Nivel de tensión del circuito.	Dom_Nivel_Tension	SÍ
TIPO_CIRCUITO	Short Integer	NA	Corresponde al tipo de estructura del circuito.	Dom_Tipo_Circuito	NO
CIRCUITO_VESTIDO	Short Integer	NA	En este campo debe seleccionar el tipo de circuito instalado (vestido) que tiene la infraestructura.	Dom_Circuito_Vestido	NO
LNG_TRAMO	Double	NA	Longitud del tramo [Kilometros].	NA	SÍ
TIPO_CONDUCTOR	Short Integer	NA	Tipo de conductor del tramo.	Dom_Tipo_Conductor	NO
PROPIETARIO	Short Integer	NA	Propietario de la infraestructura.	Don_Propietario	SÍ

Feature Class:		CIRCUITO			
Geometría:		<i>Línea</i>			
Descripción		<i>Corresponde a los Circuitos del Sistema Eléctrico de CENS S.A. E.S.P. (STR Y SDL)</i>			
CAMPO	TIPO DE DATO	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN	DOMINIO	OBLIGACIÓN/CONDICIÓN
NUMERO_INVENTARIO	String	20	Número de registro en el inventario de la empresa.	NA	SÍ
ESTADO	Short Integer	NA	Estado en el que se encuentra la infraestructura.	Dom_Estado	SÍ
ZONA	Short Integer	NA	Zona en la que esta ubicada la infraestructura.	Dom_Zona	SÍ
FECHA_CONSTRUCCION	Date	NA	Fecha de construcción del circuito.	NA	SÍ
FECHA_REEMPLAZO	Date	NA	Fecha estimada en la cual se debe realizar el remplazo de la infraestructura.	NA	SÍ
DEPARTAMENTO	Short Integer	NA	Departamento en donde se encuentra ubicada la infraestructura.	Dom_Departamento	SÍ
MUNICIPIO	Short Integer	NA	Municipio en donde se encuentra ubicada la infraestructura.	Dom_Municipio	SÍ
ESTE_POSICION_1	Double	NA	Coordenadas Este en Sistema Magna Colombia Bogotá del punto inicial del tramo.	NA	SÍ
NORTE_POSICION_1	Double	NA	Coordenadas Norte en Sistema Magna Colombia Bogotá del punto inicial del tramo.	NA	SÍ
ESTE_POSICION_2	Double	NA	Coordenadas Este en Sistema Magna Colombia Bogotá del punto final del tramo.	NA	SÍ
NORTE_POSICION_2	Double	NA	Coordenadas Norte en Sistema Magna Colombia Bogotá del punto final del tramo.	NA	SÍ
OBSERVACION	String	150	Observación.	NA	NO

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Estructura campos Feature Class SUBESTACION_PG

Feature Class:		SUBESTACION_PG			
Geometría:		<i>Polígono</i>			
Descripción		<i>Corresponde a las subestaciones del STN/STR tipo polígono del Sistema Eléctrico de CENS S.A. E.S.P.</i>			
CAMPO	TIPO DE DATO	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN	DOMINIO	OBLIGACIÓN/CONDICIÓN
NOMBRE_SUBESTACION	String	100	Nombre de la Subestación donde inicia el circuito.	NA	SÍ
SISTEMA	Short Integer	NA	Sistema de transmisión a la que pertenece el circuito.	Dom_Sistema	SÍ
ID_TENSION	Short Integer	NA	Identificador de tensión.	Dom_Tension	SÍ
NIVEL_TENSION	Short Integer	NA	Nivel de tensión del circuito.	Dom_Nivel_Tension	SÍ
CONFIGURACION	Short Integer	NA	Configuración de la subestación teniendo en cuenta solamente el barraje de su propiedad o bajo su operación.	Dom_Configuracion	SÍ
TIPO_SUBESTACION	Short Integer	NA	Tipo de subestación.	Dom_Tipo_Subest	SÍ
CAPACIDAD	Double	NA	Capacidad del transformador [MVA].	NA	SÍ
RELACION_TRANSFORMACION	Short Integer	NA	Relación de tensión de transformación.	Dom_Rel_Trafo	SÍ

Feature Class:		SUBESTACION_PG			
Geometría:		Polígono			
Descripción		Corresponde a las subestaciones del STN/STR tipo polígono del Sistema Eléctrico de CENS S.A. E.S.P.			
CAMPO	TIPO DE DATO	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN	DOMINIO	OBLIGACIÓN/CONDICIÓN
CARGABILIDAD	Double	NA	Cargabilidad.	NA	Sí
TIPO_TRAFO	Short Integer	NA	Tipo de transformador.	Dom_Tipo_Trafo	NO
FECHA_CONSTRUCCION	Date	NA	Fecha de construcción de la subestación eléctrica.	NA	Sí
FECHA_PUESTA_OPERACION	Date	NA	Fecha de puesta en operación de la subestación eléctrica.	NA	Sí
ESTADO_SUBESTACION	Short Integer	NA	Estado en el que se encuentra la subestación eléctrica.	Dom_Estado_Subestacion	Sí
POSIBILIDAD_DE_AMPLIACION	Short Integer	NA	Posibilidad de realizar una ampliación a la subestación eléctrica.	Dom_Ampliacion	Sí
INSTRUMENTO_MANEJO	Short Integer	NA	Establecer si la subestación cuenta con un instrumento de manejo ambiental.	Dom_Inst_Manejo	Sí
TIPO_INSTRUMENTO_MANEJO	Short Integer	NA	Tipo de instrumento de manejo ambiental aplicable, en caso de que aplique otro instrumento de manejo diferente a los contemplados en el dominio, ampliarlo en observaciones.	Dom_Tipo_Inst_Manejo	Sí
DEPARTAMENTO	Short Integer	NA	Departamento en donde se encuentra ubicada la infraestructura.	Dom_Departamento	Sí
MUNICIPIO	Short Integer	NA	Municipio en donde se encuentra ubicada la infraestructura.	Dom_Municipio	Sí
TIPO_AREA	Short Integer	NA	Tipo de área de la subestación.	Dom_Tipo_Area	Sí
AREA_SUBESTACION	Double	NA	Área total ó área disponible en hectáreas del lote de la subestación.	NA	Sí
OBSERVACION	String	150	Observación.	NA	NO

Fuente: elaboración propia

Tabla 5. Estructura campos Feature Class SUBESTACION_PT

Feature Class:		SUBESTACION_PT			
Geometría:		Punto			
Descripción		Corresponde a las subestaciones del STN/STR tipo punto del Sistema Eléctrico de CENS S.A. E.S.P.			
CAMPO	TIPO DE DATO	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN	DOMINIO	OBLIGACIÓN/CONDICIÓN
NOMBRE_SUBESTACION	String	100	Nombre de la Subestación donde inicia el circuito.	NA	Sí
SISTEMA	Short Integer	NA	Sistema de transmisión a la que pertenece el circuito.	Dom_Sistema	Sí
ID_TENSION	Short Integer	NA	Identificador de tensión.	Dom_Tension	Sí
NIVEL_TENSION	Short Integer	NA	Nivel de tensión del circuito.	Dom_Nivel_Tension	Sí
CONFIGURACION	Short Integer	NA	Configuración de la subestación teniendo en cuenta solamente el barraje de su propiedad o bajo su operación.	Dom_Configuracion	Sí
TIPO_SUBESTACION	Short Integer	NA	Tipo de subestación.	Dom_Tipo_Subest	Sí

CAPACIDAD	Double	NA	Capacidad del transformador [MVA].	NA	Sí
RELACION_TRANSFORMACION	Short Integer	NA	Relación de tensión de transformación.	Dom_Rel_Trafo	Sí
CARGABILIDAD	Double	NA	Cargabilidad.	NA	Sí
TIPO_TRAFO	Short Integer	NA	Tipo de transformador.	Dom_Tipo_Trafo	NO
FECHA_CONSTRUCCION	Date	NA	Fecha de construcción de la subestación eléctrica.	NA	Sí
FECHA_PUESTA_OPERACION	Date	NA	Fecha de puesta en operación de la subestación eléctrica.	NA	Sí
ESTADO_SUBESTACION	Short Integer	NA	Estado en el que se encuentra la subestación eléctrica.	Dom_Estado_Subestacion	Sí
POSIBILIDAD_DE_AMPLIACION	Short Integer	NA	Posibilidad de realizar una ampliación a la subestación eléctrica.	Dom_Ampliacion	Sí
INSTRUMENTO_MANEJO	Short Integer	NA	Establecer si la subestación cuenta con un instrumento de manejo ambiental.	Dom_Inst_Manejo	Sí
TIPO_INSTRUMENTO_MANEJO	Short Integer	NA	Tipo de instrumento de manejo ambiental aplicable, en caso de que aplique otro instrumento de manejo diferente a los contemplados en el dominio, ampliarlo en observaciones.	Dom_Tipo_Inst_Manejo	Sí
DEPARTAMENTO	Short Integer	NA	Departamento en donde se encuentra ubicada la infraestructura.	Dom_Departamento	Sí
MUNICIPIO	Short Integer	NA	Municipio en donde se encuentra ubicada la infraestructura.	Dom_Municipio	Sí
ESTE	Double	NA	Coordenadas Este en Sistema Magna Colombia Bogotá.	NA	Sí
NORTE	Double	NA	Coordenadas Norte en Sistema Magna Colombia Bogotá.	NA	Sí
ALTITUD	Double	NA	Altura m.s.n.m.	NA	Sí
OBSERVACION	String	150	Observación.	NA	NO

Fuente: elaboración propia

Tabla 6. Estructura campos Feature Class TRAF0

Feature Class: TRAF0					
Geometría: Punto					
Descripción: Corresponde a los Transformadores del SDL del Sistema Eléctrico de CENS S.A. E.S.P. (STR Y SDL)					
CAMPO	TIPO DE DATO	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN	DOMINIO	OBLIGACIÓN/CONDICIÓN
ID_TRAFO	String	50	Identificador del transformador registrado en la base de datos de la empresa.	NA	Sí
ID_APOYO	String	50	Identificador del apoyo registrado en la base de datos de la empresa.	NA	Sí
SISTEMA	Short Integer	NA	Sistema de transmisión al que esta asociado el transformador.	Dom_Sistema	Sí
ID_CIRCUITO	String	50	Identificador del código del circuito registrado en la base de datos de la empresa.	NA	Sí
NOMBRE_CIRCUITO	String	50	Nombre del circuito asignado por la empresa.	NA	Sí
CAPACIDAD	Double	NA	Capacidad del transformador [KVA].	NA	Sí
NUMERO_FASES	Short Integer	NA	Fases del transformador.	Dom_Fases	NO
TIPO_TRAFO	Short Integer	NA	Tipo de transformador.	Dom_Tipo_Trafo	NO

Feature Class:	TRAFO				
Geometría:	Punto				
Descripción	Corresponde a los Transformadores del SDL del Sistema Eléctrico de CENS S.A. E.S.P. (STR Y SDL)				
CAMPO	TIPO DE DATO	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN	DOMINIO	OBLIGACIÓN/CONDICIÓN
TIPO_CONEXION	Short Integer	NA	Tipo de conexión en baja tensión.	Dom_Tipo_Conex	Sí
RELACION_TRANSFORMACION	Short Integer	NA	Relación de tensión de transformación.	Dom_Rel_Trafo	Sí
%_CARGABILIDAD	Double	NA	Porcentaje de cargabilidad en potencia del tramo en condiciones de máxima demanda del año anterior "valor entre 0 % - 100 %".	NA	Sí
CARGA_MAXIMA	Double	NA	Carga máxima [kW] bajo demanda máxima.	NA	Sí
USUARIOS	Long Integer	NA	Número de usuarios conectados a cada transformador, independiente de su situación comercial.	NA	Sí
MARCA	String	50	Marca del transformador.	NA	Sí
SERIAL	String	50	Serial del transformador.	NA	Sí
DIRECCION	String	50	Dirección en la que se encuentra ubicado el transformador.	NA	Sí
CELDA	String	30	Celda a la que pertenece el transformador.	NA	Sí
LIBRE_PCBs	Short Integer	NA	Relación del transformador respecto a los bifenilos policlorados (PCBs).	Dom_PCBs	Sí
NUMERO_INVENTARIO	String	20	Número de registro en el inventario de la empresa.	NA	Sí
ESTADO	Short Integer	NA	Estado en el que se encuentra la infraestructura.	Dom_Estado	Sí
FECHA_FABRICACION	Date	NA	Fecha de fabricación de la infraestructura tipo apoyo.	NA	NO
FECHA_INSTALACION	Date	NA	Fecha de la instalación de la infraestructura tipo apoyo.	NA	Sí
FECHA_REEMPLAZO	Date	NA	Fecha estimada en la cual se debe realizar el replazo del transformador.	NA	Sí
PROPIETARIO	Short Integer	NA	Propietario de la infraestructura.	Don_Propietario	Sí
DEPARTAMENTO	Short Integer	NA	Departamento en donde se encuentra ubicada la infraestructura.	Dom_Departamento	Sí
MUNICIPIO	Short Integer	NA	Municipio en donde se encuentra ubicada la infraestructura.	Dom_Municipio	Sí
ZONA	Short Integer	NA	Zona en la que esta ubicada la infraestructura.	Dom_Zona	Sí
ESTE	Double	NA	Coordenadas Este en Sistema Magna Colombia Bogotá.	NA	Sí
NORTE	Double	NA	Coordenadas Norte en Sistema Magna Colombia Bogotá.	NA	Sí
ALTITUD	Double	NA	Altura m.s.n.m.	NA	Sí
OBSERVACION	String	150	Observación.	NA	NO

Fuente: elaboración propia

Por otra parte, el diccionario de datos es un instrumento que sirve de guía para el diligenciamiento adecuado de la geodatabase. Otra de las acciones que minimizan el inadecuado diligenciamiento de la información de cada uno de los *Feature Class*

que conforman la GDB son los dominios, los cuales se generan para determinar la información o valores que contempla un dato, y para este sistema de información geográfico no fue la excepción. Seguidamente se presentan los dominios generados.

Tabla 7. *Dominios generados GDB*

DOMINIOS	
Dominio:	<i>Dom_Altura_Apoyo</i>
VALOR	NOMBRE
0	0
1	1
2	10
3	12
4	14
5	15
6	16
Dominio:	<i>Dom_Ampliacion</i>
VALOR	NOMBRE
0	Si
1	No
Dominio:	<i>Dom_Circuito_Vestido</i>
VALOR	NOMBRE
0	Sencillo
1	Doble
2	Triple
3	Cuadruple
Dominio:	<i>Dom_Clase_Apoyo</i>
VALOR	NOMBRE
0	Torre
1	Poste
2	Torrecilla
3	Portico de Salida del Circuito
Dominio:	<i>Dom_Configuracion</i>
VALOR	NOMBRE
0	Interruptor y Medio
1	Anillo
2	Doble Barra

3	Doble Barra + Seccionador de Transferencia
4	Doble Barra + By Pass
5	Doble Barra más Barra de Transferencia
6	Barra Sencilla
7	Barra Principal y Barra Transferencia
8	Otra (Cual)

Dominio:	<i>Dom_Departamento</i>
VALOR	NOMBRE
13	Bolívar
20	Cesar
54	Norte de Santander

Dominio:	<i>Dom_Estado</i>
VALOR	NOMBRE
0	Bueno
1	Malo

Dominio:	<i>Dom_Estado_Subestacion</i>
VALOR	NOMBRE
0	En Servicio
1	En Construcción
2	Fuera de Servicio

Dominio:	<i>Dom_Estructura</i>
VALOR	NOMBRE
0	Suspensión
1	Retención

Dominio:	<i>Dom_Fases</i>
VALOR	NOMBRE
0	Trifásico
1	Bifásico (Trifilar)
2	Monofásico

Dominio:	<i>Dom_Inst_Manejo</i>
VALOR	NOMBRE
0	Sí
1	No

Dominio:	<i>Dom_Material_Apoyo</i>
VALOR	NOMBRE
1	Concreto

2	Madera
3	Acero
4	Fibra

Dominio:	<i>Dom_Municipio</i>
VALOR	NOMBRE
13473	Morales
20011	Aguachica
20295	Gamarra
20310	González
20383	La Gloria
20550	Pelaya
20614	Río de Oro
54001	Cúcuta
54003	Abrego
54051	Arboledas
54099	Bochalema
54109	Bucarasica
54125	Cácota
54128	Cachirá
54172	Chinácota
54174	Chitagá
54206	Convención
54223	Cucutilla
54239	Durania
54245	El Carmen
54250	El Tarra
54261	El Zulia
54313	Gramalote
54344	Hacarí
54347	Herrán
54377	Labateca
54385	La Esperanza
54398	La Playa
54405	Los Patios
54418	Lourdes
54480	Mutiscua
54498	Ocaña
54518	Pamplona
54520	Pamplonita
54553	Puerto Santander

54599	Ragonvalia
54660	Salazar
54670	San Calixto
54673	San Cayetano
54680	Santiago
54720	Sardinata
54743	Silos
54800	Teorama
54810	Tibú
54820	Toledo
54871	Villa Caro
54874	Villa del Rosario

<i>Dominio:</i> Dom_Nivel_Tension	
VALOR	NOMBRE
0	Subestación de Trasmisión Nacional
1	Tensión nominal menor a 1 kV
2	Tensión nominal mayor o igual a 1 kV y menor de 30 kV
3	Tensión nominal mayor o igual a 30 kV y menor de 57,5 KV
4	Tensión nominal mayor o igual a 57,5 kV y menor a 220 kV.
5	Tensión nominal mayor o igual a 220 kV .

<i>Dominio:</i> Dom_PCBs	
VALOR	NOMBRE
0	Sí
1	No

<i>Dominio:</i> Dom_Propietario	
VALOR	NOMBRE
0	Propio
1	Compartido
2	Usuario

<i>Dominio:</i> Dom_Rel_Trafo	
VALOR	NOMBRE
0	230/115/34,5/13,8
1	230/34,5/13,8
2	230/11,4
3	220/13,8 - 44/13,2
4	220/13,8
5	13,8/7,967

6	11,0/4,16
7	66/13,8
8	46/14
9	44/13,8
10	44/13,6
11	44/13,2
12	34,5/13,8
13	34,5/13,2
14	34,5/11,4
15	34,5/4,16
16	33/13,8
17	33,5/13,5
18	33/13,2
19	33/4,16
20	121/47,7/14,3
21	115/34,5/13,8
22	115/34,5/13,2
23	115/33/13,2
24	115/44/13,8
25	115/13,8
26	115/13,2
27	115/11,4
28	112/46/13,8
29	110/44/15
30	110/44/13,8
31	110/44/13,2
32	110/13,8
33	57,5/11,4
34	110/66/13,8
35	110/57,5/7,5
36	115/57,5/7,5
37	138/115/13,8
38	220/66/13,2
39	220/66
40	220/66/13,8
41	220/110/13,8
42	220/110
43	220/110/63
44	230/115/13,8
45	220/115/13,8
46	230/115/13,2

47	230/11.4
48	220/11.4
49	220/34.5
50	500/220/34.5
51	500/230/34.5
52	500/120/11.4
53	500/110/34.5
54	Otra (Cual)

<i>Dominio:</i> Dom_Resistencia_Mecanica	
VALOR	NOMBRE
0	0
1	400
2	510
3	710
4	750
5	1000
6	1050
7	1350
8	1500
9	2000
10	3000

<i>Dominio:</i> Dom_Sistema	
VALOR	NOMBRE
0	STR
1	SDL

<i>Dominio:</i> Dom_Tension	
VALOR	NOMBRE
0	4.16
1	7.967
2	11
3	11.4
4	13.2
5	13.5
6	13.6
7	13.8
8	14
9	14.3
10	15
11	33

12	33.5
13	34.5
14	44
15	46
16	47.7
17	57.5
18	66
19	110
20	112
21	115
22	121
23	138
24	220
25	230
26	500

Dominio:	<i>Dom_Tipo_Apoyo</i>
VALOR	NOMBRE
0	Tipo Vertical
1	Tipo Horizontal

Dominio:	<i>Dom_Tipo_Area</i>
VALOR	NOMBRE
0	Área Total
1	Área Disponible

Dominio:	<i>Dom_Tipo_Circuito</i>
VALOR	NOMBRE
0	Aéreo
1	Subterráneo

Dominio:	<i>Dom_Tipo_Conductor</i>
VALOR	NOMBRE
0	0
1	1
2	2
3	3

Dominio:	<i>Dom_Tipo_Conex</i>
VALOR	NOMBRE
0	Estrella
1	Delta

<i>Dominio:</i>	<i>Dom_Tipo_Inst_Manejo</i>
VALOR	NOMBRE
0	Licencia Ambiental
1	Plan de Manejo Ambiental
2	Medidas de Manejo Ambiental
3	Otros

<i>Dominio:</i>	<i>Dom_Tipo_Subest</i>
VALOR	NOMBRE
0	AIS
1	GIS
2	Combinado AIS - GIS

<i>Dominio:</i>	<i>Dom_Tipo_Trafo</i>
VALOR	NOMBRE
0	Aéreo
1	Pedestal
2	Subestación

<i>Dominio:</i>	<i>Dom_Zona</i>
VALOR	NOMBRE
0	Urbano
1	Rural

Fuente: elaboración propia

6.1.5 Importación y diligenciamiento de la geodatabase

Como puede evidenciarse, se tiene estructurada la geodatabase utilizando la aplicación **ArcCatalog** del software propietario **ArcGIS** y configurada en el sistema de coordenadas planas Magna Colombia Bogotá, esto se expone en la Tabla 8.

Tabla 8. Sistema de coordenadas empleado en la GDB

Sistema de Coordenadas	
Projected Coordinate System:	MAGNA_Colombia_Bogota
Projection:	Transverse_Mercator
False Easting:	1000000.00000000
False Northing:	1000000.00000000
Central Meridian:	-74.07750792
Scale Factor:	1.00000000
Latitude Of Origin:	4.59620042
Linear Unit:	Meter
Geographic Coordinate System:	GCS_MAGNA
Datum:	D_MAGNA
Prime Meridian:	Greenwich
Angular Unit:	Degree

Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS (s.f.)

Igualmente, se generan los dominios requeridos en la GDB y los subtipos en los *Feature Class* necesarios, como se muestran en la **Error! Reference source not found.** y la **Error! Reference source not found.**

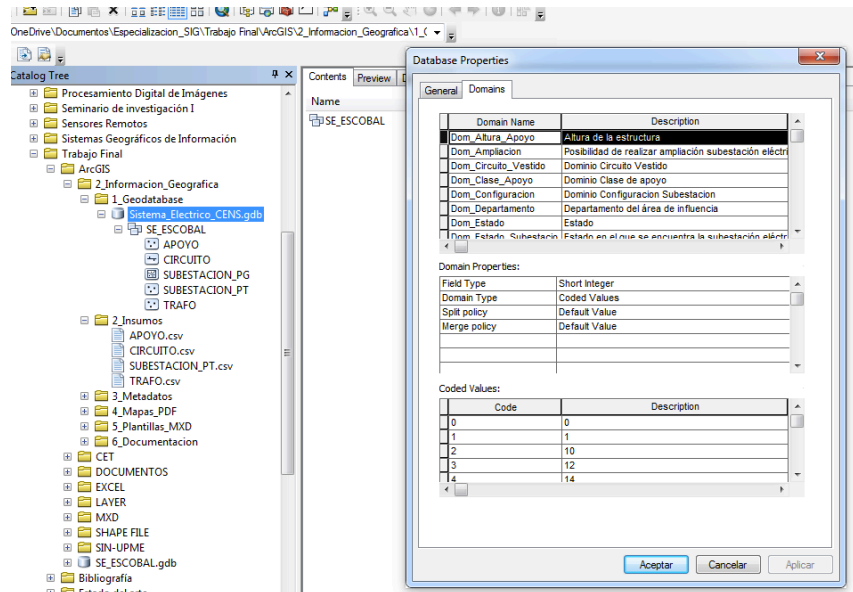


Figura 7. Generación de los dominios en la GDB
Fuente: toma propia del software ArcGIS (s.f.)

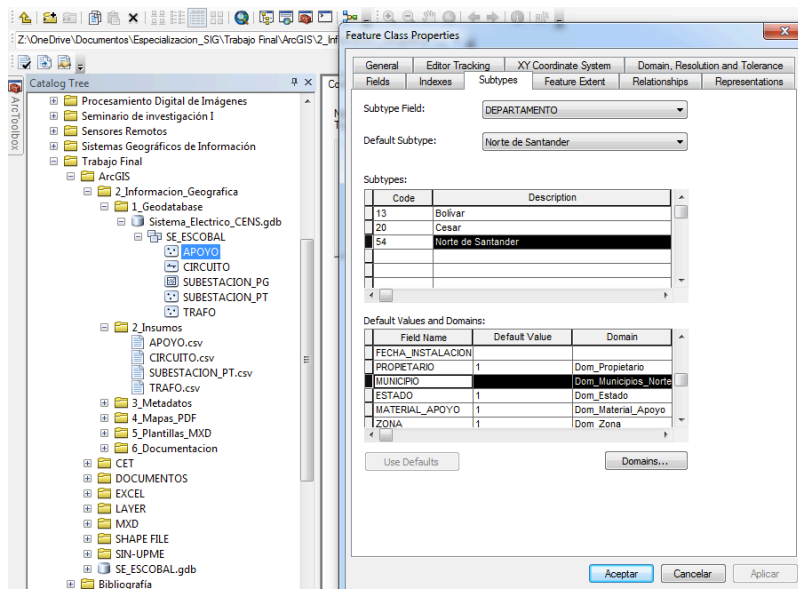


Figura 8. Generación de subtipos en los Feature Class
Fuente: toma propia del software ArcGIS (s.f.)

Seguidamente, se da inicio al trabajo con la aplicación **ArcMAP** en versión 10.5.1., el primer paso es la configuración del **Data Frame** con el sistema de coordenadas requerido, después se generan los **Shape File** con la información de insumo depurada y que se encuentra en formato de tablas de texto csv. En está aplicación se pueden generar los **Shape File** con geometría tipo punto, desde tablas que contengan la información espacial “coordenadas” de varias formas. Vale anotar que la que se utilizó en este proceso es la herramienta **Add XY Data**, como se observa en la **Error! Reference source not found..**

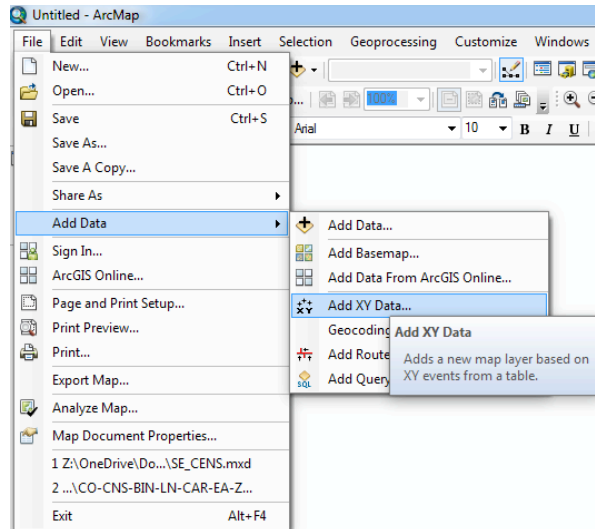


Figura 9. Generación de Shape File de geometría tipo punto desde ArcMap
Fuente: toma propia del software ArcGIS (s.f.)

Entonces, para la generación del Shape File con geometría tipo línea se emplea la herramienta **XY To Line**, como se evidencia en la **Error! Reference source not found..**

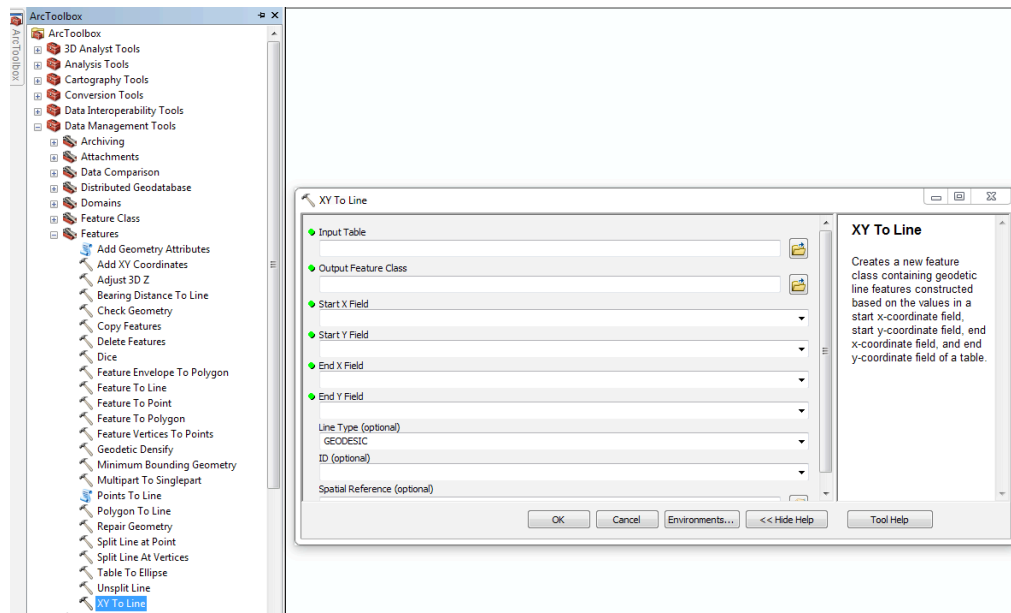


Figura 10. Generación de Shape File de geometría tipo línea desde ArcMap
Fuente: toma propia del software ArcGIS (s.f.)

Luego, teniendo los *Shape File* generados se inicia con el cargue en la GDB a través de la aplicación de **ArcCatalog**, empleando la herramienta **Load Data**, con la cual se puede realizar el cargue de información masiva, siempre y cuando los datos del *Shape File* tengan la misma geometría y los campos coincidan con el tipo y tamaño; como se expone en la **Error! Reference source not found..**

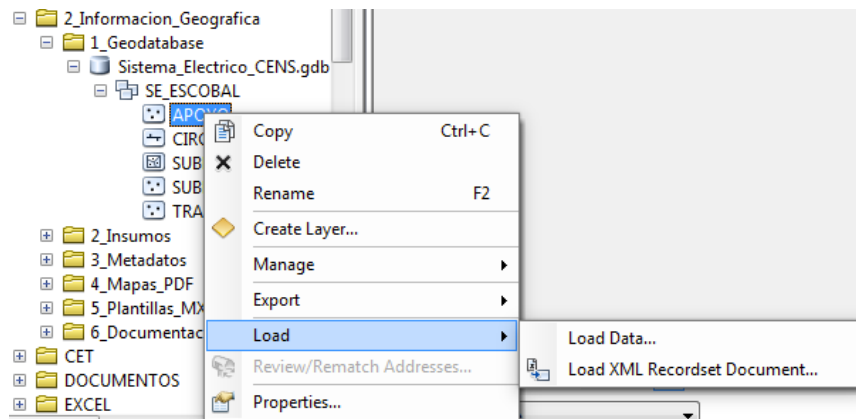


Figura 11. Cargue masivo de registros en Feature Class de la GDB
Fuente: toma propia del software ArcGIS (s.f.)

6.1.6 Control de calidad de la información

Finalizado el cargue de toda la información en la GDB, se lleva a cabo la revisión topológica de los *Feature Class* APOYO, CIRCUITO y TRAF0, como se evidencia

en la **Error! Reference source not found.**, la cual se realiza para determinar que estas capas estén conectadas entre sí.

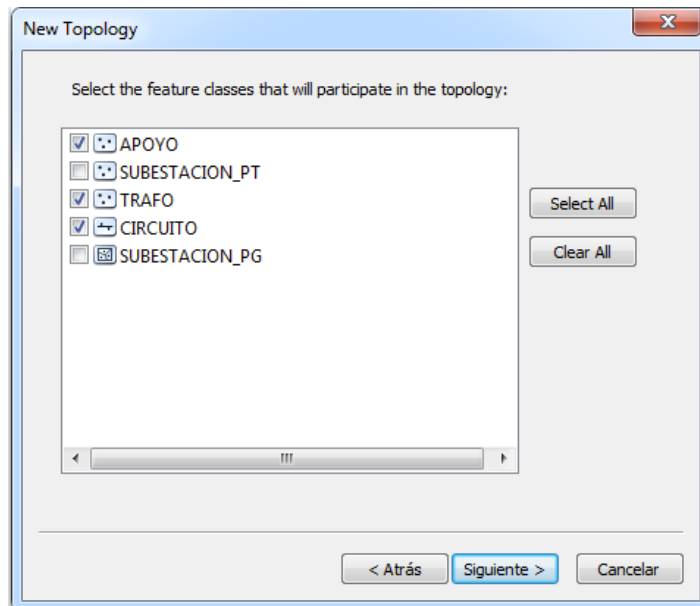


Figura 12. Creación de topología con los *Feature Class*
Fuente: toma propia del software ArcGIS (s.f.)

Es decir que los puntos iniciales y finales de el *Feature Class* CIRCUITO estén conectados o inician y terminen en un elemento del *Feature Class* APOYO, al igual que la capa TRAF0 este sobre la capa APOYO; de esta manera se corrigen los errores de conectividad de las capas en la GDB. Entre las reglas topológicas aplicadas en la GDB están:

- La capa TRAF0 debe coincidir con la capa APOYO.
- La capa CIRCUITO no debe superponerse.
- La capa CIRCUITO no debe cruzarse.
- La capa CIRCUITO no debe solaparse.
- La capa CIRCUITO no debe autointersectarse.
- La capa CIRCUITO debe ser una sola parte.
- La capa CIRCUITO el punto final debe estar cubierto por la capa APOYO.

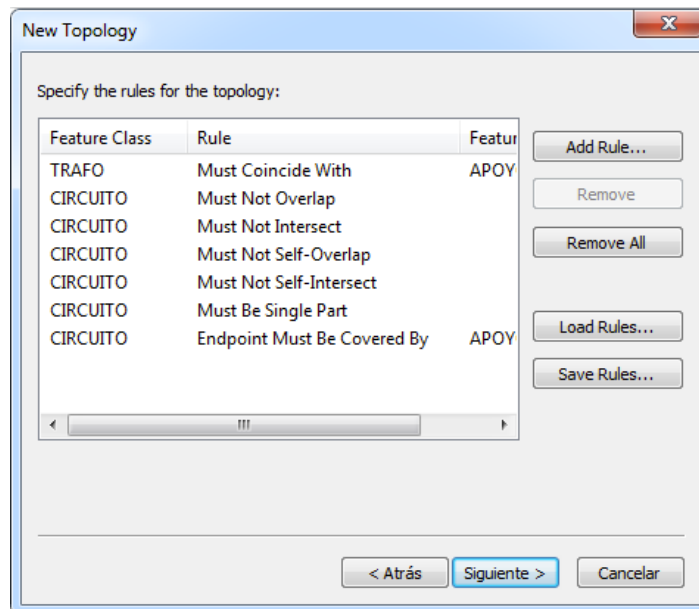


Figura 13. Reglas topológicas aplicadas en la GDB.
Fuente: toma propia del software ArcGIS (s.f.)

En tanto, aplicada la topología en la geodatabase se realiza la corrección de los errores detectados; en este en particular la mayoría de errores derivaron de que las capas APOYO no coincidían con la capa CIRCUITO, como se observa en la **Error! Reference source not found.**

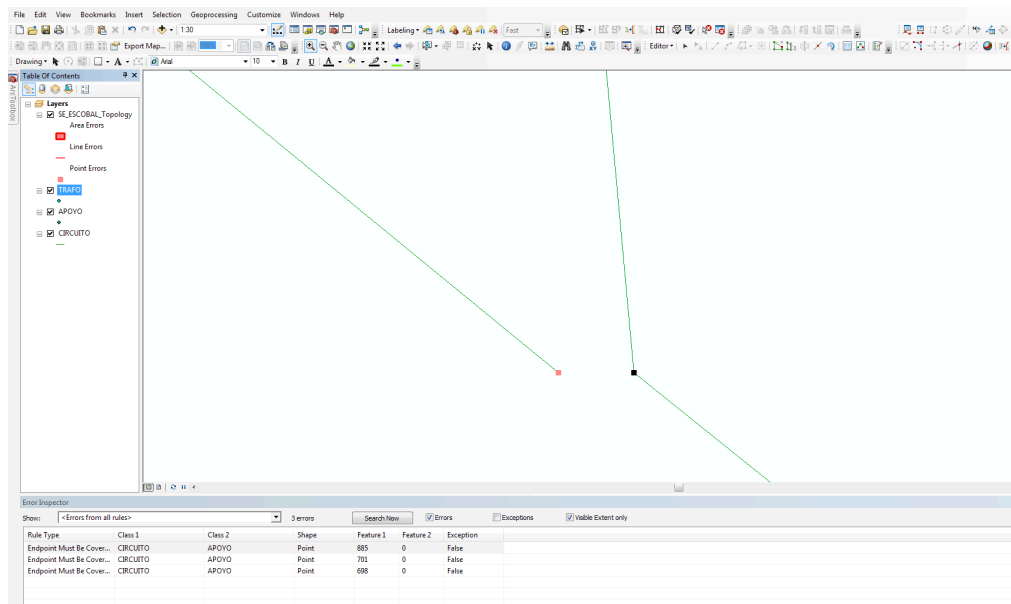


Figura 14. Corrección de errores topológicos en la GDB
Fuente: toma propia del software ArcGIS (s.f.)

En ese orden, se utiliza nuevamente la aplicación **ArcMap** para visualizar los *Feature Class*, tal como se puede ver en la **Error! Reference source not found.** Allí se configura la simbología para una mejor identificación y visualización de las capas de la geodatabase.

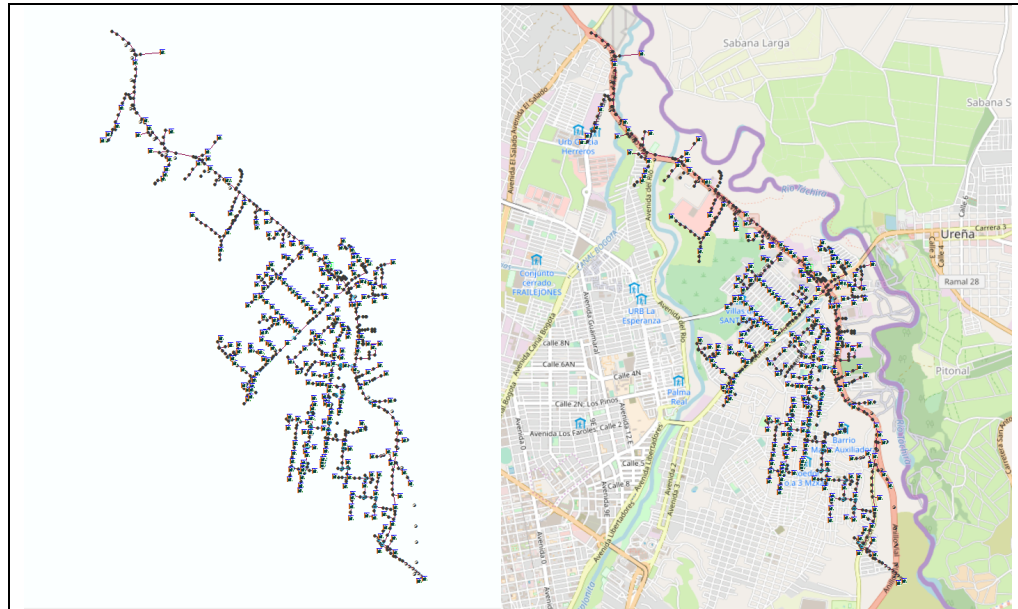


Figura 15. Configuración de la simbología y visualización en ArcMap
Fuente: toma propia del software ArcGIS (s.f.)

6.1.7 Diligenciamiento de Metadatos

Para el diligenciamiento de los metadatos se utilizó la plantilla del perfil de metadatos institucional que se encuentra pública en la página oficial de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales [ANLA] (s.f.). De tal forma, aquí se plasma la información relevante del *Feature Class*, es decir, en este archivo se contemplan los datos de la GDB, dicho archivo en formato Excel se diligencia por cada *Feature Class* que contiene la geodatabase y su presentación se da como se evidencia en la **Error! Reference source not found.**

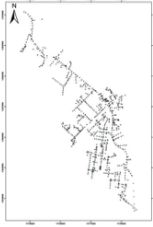
NOMBRE	DESCRIPCIÓN
IDENTIFICACIÓN	APOYO
Identificación del Dato	APOYO
Citación	Estructuras tipo apoyo del sistema eléctrico del CENS S.A. E.S.P. referentes a la subestación Escobal.
Título	Estructuras tipo apoyo del sistema eléctrico del CENS S.A. E.S.P. referentes a la subestación Escobal.
Fecha	Septiembre de 2018
Resumen	Estructuras tipo apoyo que hacen parte del sistema eléctrico del CENS S.A. E.S.P. referentes a la subestación Escobal.
Punto de contacto	Eduardo Alfonso Gómez Rivera. Comunicación a través de correo electrónico, medio escrito o llamada telefónica.
Muestra gráfica	
Tipo de representación espacial	Vectorial
Nivel de detalle	1:25000
Escala	1:25000
Denominador	25000
Resolución	Distancia mínima del objeto identificable en terreno, con sus unidades ó el factor que indica la densidad (datos por unidad de área) del conjunto de datos.
Avance	Completo
Idioma	Español

Figura 16. Plantilla institucional de metadatos ANLA
Fuente: toma propia de la ANLA (s.f.)

6.1.8 Creación de mapa para captura en campo con Collector for ArcGIS

Una de las principales necesidades de generar un SIG para el Sistema Eléctrico de CENS es permitir la modificación (inclusión y eliminación de los datos que lo conforman), al igual que posibilitar y facilitar la actualización de los mismos. Por esta razón, la herramienta Collector de ArcGIS ayuda en esta tarea, para la cual es necesario generar un mapa en ArcGIS *online*, así como una Geodatabase con los *Feature Class* de geometría punto, requeridos para la adquisición de la información en campo.

Una vez se tenga la geodatabase lista, se utiliza la herramienta de habilitar adjunto **Enable Attachments** que permite incluir archivos de imagen y video de los puntos colectados en campo, como soporte de la actividad realizada.

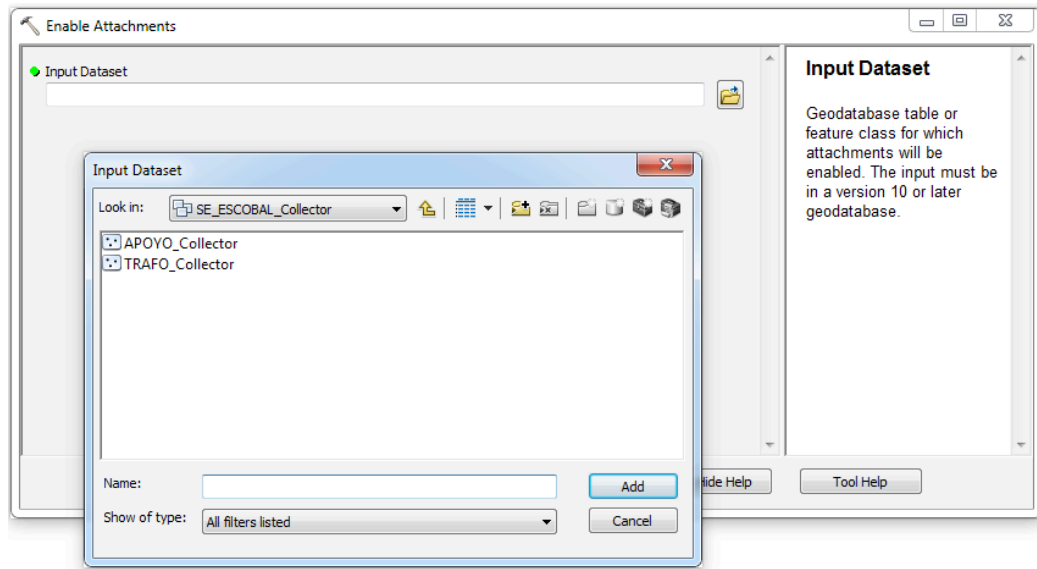


Figura 17. Habilitación de atributos tipo imagen y video
Fuente: toma propia del software ArcGIS (s.f.)

Resulta necesario aclarar que esta acción no produce unas relaciones entre el *Feature Class* y la tabla generada, tal como se aprecia en la **Error! Reference source not found..**

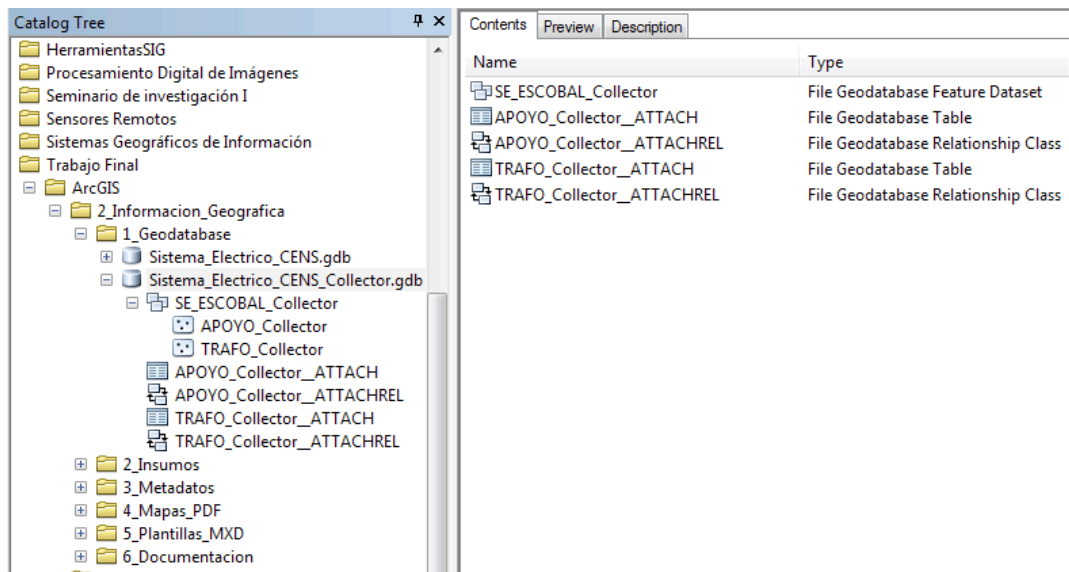


Figura 18. Generación de relacione entre *Feature Class* y tablas
Fuente: toma propia del software ArcGIS (s.f.)

Cuando ya se realizan estas acciones, se publica un servicio en ArcGIS *online* para que pueda ser utilizada en la aplicación de Collector for ArcGIS; esto se puede evidenciar en la **Error! Reference source not found..**

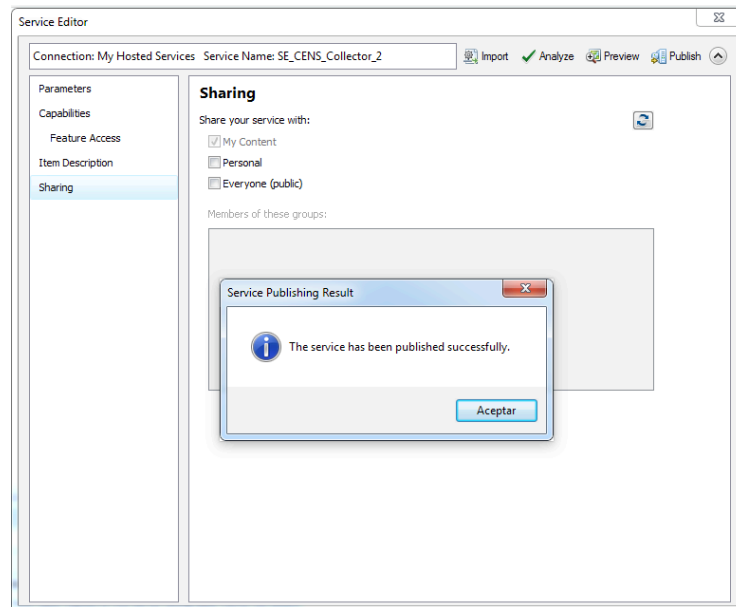


Figura 19. Generación del servicio con éxito en ArcGIS Online
Fuente: toma propia del software ArcGIS (s.f.)

6.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este proyecto se llevó a cabo teniendo en cuenta la necesidad de tener un dominio más completo sobre la información del Sistema Eléctrico de Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P. Por tal razón, se elaboró un Sistema de Información Geográfico de la Subestación Escobal del municipio de Cúcuta.

Entonces, con la elaboración de un SIG que permita ampliar la administración de los datos que componen la geodatabase, se está maximizando la utilización de este en la toma de decisiones referente a la información espacial, con cada uno de los negocios propios de la empresa; concediendo una toma de decisiones con la información requerida por la empresa o entes externos.

Es de señalar que los SIG, desde hace un tiempo, se han convertido en una de las herramientas fundamentales para la planificación, la administración, la gestión y la toma de decisiones de proyectos lineales, con el propósito de determinar la viabilidad de estos en cada una de las etapas de planeación, diseño, pre-construcción, construcción, operación y abandono de estos.

De esa manera, la implementación de aplicativos en línea permite que las empresas no caigan en reprocesos que conllevan a una mala administración de los recursos asignados a cada uno de los proyectos implementados, ayudando a optimizar los tiempos de obtención de resultados, al igual que los de detección de alertas de este. Igualmente, la implementación de herramientas geoinformáticas ha facilitado el diligenciamiento de estas, mediante ayudas de diligenciamiento, control de

información en tipo y valor, y lo más importante, una capacitación en la manipulación de estas.

7. CONCLUSIONES

- La implementación de una GDB que permita integrar la información espacial y atributiva facilita la toma de decisiones de una manera más oportuna y diligente.
- El software propietario SPARD de la empresa Energy Computer System, con la elaboración de este trabajo, no pretende demostrar que sea un software de poca calidad sino que es muy restringido con la información requerida por la empresa; lo que conlleva a requerir de más tiempo en caso de que se quiera modificar o incluir algún dato de la geodatabase.
- El control de la calidad de la información diligenciada en la GDB se garantiza por medio de la aplicación de reglas topológicas, la creación de dominios y subtipos.
- Utilizando herramientas con aplicación móvil, se agilizó la actualización de la información, optimizando los tiempos y recursos asignados.
- La utilización del software ArcGIS amplía la capacidad de compartir y adquirir información de terceros para el SIG.
- La generación de este SIG, de acuerdo con lo descrito, cumple con el objetivo general en cuanto a la integración de la información y la fácil manipulación de los mismos para la toma oportuna de decisiones.

8. RECOMENDACIONES

- Incluir todo el Sistema Eléctrico de CENS en una GDB empresarial que admite la configuración con Oracle, permitiendo así la integración de la información, facilitando su manejo, actualización y consulta para la planificación de las actividades.
- Utilizar masivamente aplicativos móviles que optimicen los procesos de actualización, disminuyendo los costos y tiempos.
- Adoptar a los SIG como una herramienta fundamental en las fases de planificación, diseño, preconstrucción, construcción, operación y abandono de todos los proyectos de la empresa.
- Implementar nuevas herramientas que mediante la utilización de los SIG prioricen los sectores de mantenimiento de la infraestructura, al igual que el despeje del componente arbóreo, con el fin de conservar las distancias de seguridad establecidas en la normatividad vigente RETIE.
- Capacitar al personal operativo en la utilización de herramientas móviles que facilitan las actividades de mantenimiento, expansión, remodelación y actualización de la infraestructura eléctrica.
- Desarrollar, con las herramientas SIG, un aplicativo que permita a los usuarios localizar e identificar las zonas en donde se desarrollan las obras que conllevan a cortes de energía eléctrica.

10. BIBLIOGRAFÍA

- ArcGIS. (s.f.). *Inicio*. Obtenido de <https://www.arcgis.com/index.html>
- Arriagada, A. (1994). *Evaluación de confiabilidad en sistemas eléctricos de distribución [Tesis para optar el grado de magister en ciencias de la Ingeniería]*. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales [ANLA]. (s.f.). *Sistema de Información Geográfica*. Obtenido de <http://portal.anla.gov.co/sistema-informacion-geografica>
- Bedoya-Cadena, A., Mora-Flórez, J., & Pérez-Londoño, S. (2012). Estrategia de reducción para la aplicación generalizada de localizadores de fallas en sistemas de distribución de energía eléctrica. *Revista EIA*. (17), 21-37.
- Castrillón, C., & Zuluaga, J. (2015). *Diseño e implementación del sistema de información de gestión predial georeferenciado bajo estándares de software libre para la empresa de renovación urbana de Manizales en el macroproyecto San José [Facultad de Ciencias e Ingeniería]*. Manizales: Universidad de Manizales. Obtenido de <http://docplayer.es/54890116-Christian-felipe-castrillon-gonzalez.html>
- CENS. (2018). *Objeto Social*. Obtenido de Quiénes somos: <http://www.cens.com.co/Institucional/%C2%BFQui%C3%A9nessomos/ObjetoSocial.aspx>
- CENS. (s.f.). *Objeto Social*. Obtenido de Institucional: <https://www.cens.com.co/Institucional/Quienessomos/ObjetoSocial.aspx>
- Chávez, J. (2002). *Planeación de sistemas de distribución de energía eléctrica con consideraciones de la calidad de la energía a los usuarios [Tesis de grado]*. México, D.F.: Instituto Politécnico Nacional. Obtenido de <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/15462>
- Coronel, M. (2011). *Estudio para la implementación del sistema de infraestructura de medición avanzada (AMI) en la empresa eléctrica regional del centro sur C.A. [Tesis de ingeniería]*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Energy Computer Systems. (s.f.). *SPARD: Solución Integral para empresas de distribución eléctrica*. Obtenido de Soluciones: <http://energyco.com/soluciones/solucion-integral/>
- Hincapié, D. (2016). *Diseño del mantenimiento forestal en la franja de redes de media tensión empleando análisis SIG [Programa especialización en sistemas de información geográfica]*. Manizales: Universidad de Manizales.
- Olaya, P., Murillo, J., & Trejos, A. (2003). Estudios del pronóstico de la demanda de energía eléctrica, utilizando Modelos de series de tiempo. *Scientia et Technica*. 4 (23), 37-42.
- Portal GEOIDEP. (s.f.). *Catálogo de Objetos Geográficos*. Obtenido de Documentación: <http://www.geoidep.gob.pe/catalogo-de-objetos-geograficos>

Sendra, J., & García, R. (2000). El uso de los Sistemas de Información Geográfica en la planificación territorial. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*. 20, 49-67.

Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. (s.f.). *Quiénes Somos*. Obtenido de Nuestra entidad: <http://www1.upme.gov.co/Entornoinstitucional/NuestraEntidad/Paginas/Quiénes-Somos.aspx>