



IMPLEMENTACION DE ESTÁNDARES GEOGRÁFICOS EN EL SERVICIO GEOLOGÍCO COLOMBIANO

Bogotá, diciembre de 2020



**El futuro
es de todos**

Minenergía



Martha Lucía Mahecha Silva
Gustavo Alberto Gómez
Cristian Orlando Hernández

**Grupo de Estándares Geográficos –
Dirección de Gestión de Información**

CONTENIDO

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	4
2. ALCANCE	5
3. BASE LEGAL	7
4. DESCRIPCIÓN DE LAS BASES DE DATOS.....	9
4.1 Topología	12
5. CATÁLOGO DE OBJETOS	13
6. CATÁLOGO DE SÍMBOLOS	15
6.1 Símbolos	15
6.2 Carta de colores y achurados	16
7. ESTILOS DE ANOTACIONES	20
8. SALIDA GRÁFICA	21
8.1 Rótulo	26
8.2 Mapa de localización e información de referencia	28
8.3 Índice de hojas adyacentes	29
8.4 Convenciones geológicas y cartográficas.....	29
8.5 Referencias.....	29
9. Anexos	32

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han realizado múltiples esfuerzos para la gestión de los datos en todo el Servicio Geológico Colombiano – SGC, para cual han adoptado normas y lineamientos de la ICDE la OGC entre otros, así como generado políticas internas como el acuerdo 08 de 2014 para la producción, almacenamiento y publicación de los datos, esto ha conllevado a que la información contenida en los mapas y publicaciones WEB de mapas, se traten de manera homogénea, sin embargo, aún falta mucha información por estandarizar de acuerdo con las normas técnicas colombianas y las ISO, que aplique de forma uniforme los criterios de estructura de datos y representación en cada mapa. Este también ha sido el caso de otras instituciones en Colombia y el sector minero, esfuerzo al que el SGC se ha unido mediante la implementación de la IDE Sectorial, razón por la cual este documento se enfoca principalmente en presentar el proceso de estandarización de datos geográficos y de representación de los mismos lo cual depende de una exhaustiva estructuración de los datos geográficos y contenidos en los mapas. Para tal fin, se consultaron estándares nacionales e internacionales y se construyó un modelo de datos que permite articular, integrar y publicar, es decir, gestionar la información espacial del servicio mediante sistemas de información geográfica.

La elaboración de este proceso de estandarización y sus resultados coinciden con la discusión internacional y nacional liderada por la OGC y la ICDE respectivamente, encaminadas a la búsqueda de mejores prácticas de estructuración y representación de datos geográficos. En ese sentido y atendiendo las políticas y lineamientos de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) Geocientífica del SGC, cuyo objetivo es armonizar, facilitar, disponer y permitir el acceso a la información geográfica, se presenta en este documento la estandarización de la información espacial relacionada con el quehacer del SGC. Esto facilita la interoperabilidad y normalización de la información geoespacial, lo que a su vez permite establecer procesos de generación y actualización de los datos, proporciona herramientas para la evaluación de calidad, y facilita el intercambio de información. De esta manera, se establece la catalogación de los objetos y símbolos geográficos de acuerdo con la guía GU-GGC-AEG-001-Guia Catalogación Objetos y Simbolos Geográficos.pdf (Mahecha, 2019) mediante la cual se construye una *base de datos* con la información digital organizada y estructurada que apoye la producción de los mapas y productos asociados, para que sean más consistentes tanto en su salida gráfica como en sus datos.

2. ALCANCE

El proceso de estandarización (ver figura 1) se implementa mediante las plantillas propuestas para la catalogación de objetos y de símbolos avaladas por la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE) y la plantilla de documentación de un estándar geográfico (Mahecha, 2019). De igual forma, se presenta la información almacenada en una base de datos con una estructura sistémica para su procesamiento y difusión.



Figura 1. Proceso de estandarización SGC. Grupo Estándares 2020.

Los grupos que actualmente se encuentran en el proceso de estandarización mediante el uso de estas plantillas y con un avance significativo son: Grupo de Exploración de Recursos Geotérmicos, Geología de Volcanes, patrimonio - Museo Geológico e Investigaciones Asociadas, hidrogeología, Banco de Información Petrolera, Banco de Información Minera, Servicio Geológico Colombiano

Geología¹, geomorfología y Evaluación de Amenazas por Movimientos en Masa y demás grupos pertenecientes a la Dirección de Geociencias Básicas; además, al Grupo de Evaluación y Monitoreo de Actividad Volcánica de la Dirección de Geoamenazas, como se muestra en la siguiente figura:

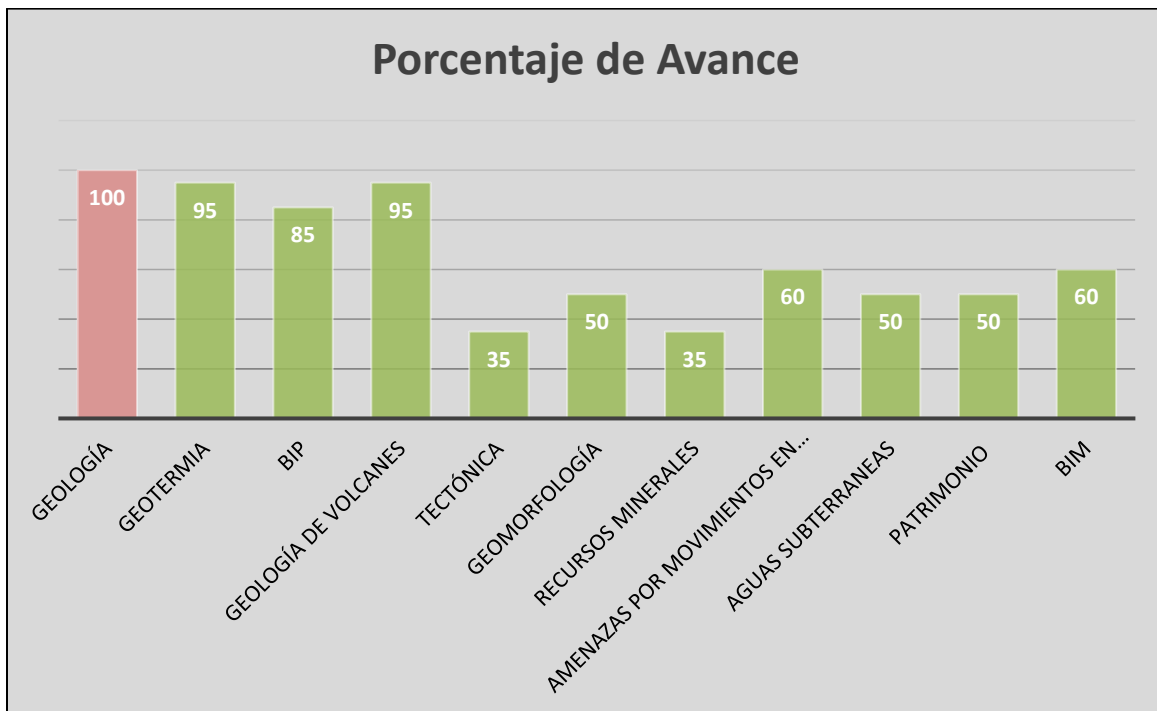


Figura 2. Avance en el proceso de estandarización de Grupos temáticos. Grupo estándares 2020.

No obstante, es importante aclarar que cada uno de estos procesos se encuentra ad portas de entregar el estándar de cada uno de las temáticas en su versión inicial y que por lo tanto es un proceso que puede ser actualizado y ajustado de acuerdo a las necesidades temáticas o a las versiones de las mismas normas, siendo esta una primera versión de una labor continuada con miras a ser actualizado de acuerdo a los avances que se generen en lo temático o teorico en el ámbito nacional e internacional.

¹ El estándar de Geología esta en proceso de adopción de la NTC 5661.

3. BASE LEGAL

Entre los decretos y las normas que conforman el marco legal en el que se articula el proyecto para la elaboración de un estándar encontramos la Ley 1712 de 2014 por medio de la cual se crea la Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional, de otra parte este proceso se elaboró siguiendo las directrices institucionales sustentadas en el Decreto 2703 de 2013 del Ministerio de Minas y Energía, en el que se asignan las funciones a la Dirección de Geociencias Básicas del SGC, específicamente en lo referente a “generar estándares, guías y metodologías inherentes a las funciones de esta Dirección”. De igual forma, en el Acuerdo 008 de diciembre de 2014 se acogió la política de gestión de la información geocientífica del SGC, cuyo objetivo es “establecer las condiciones de planeación, adquisición, recibo, generación, administración, depuración, archivo, conservación, uso y difusión de la información geocientífica del SGC, para ofrecer mayor calidad y oportunidad de los datos, productos y servicios de información geocientífica”.

Para la estructuración de la información geográfica se adoptaron la norma ISO (*International Organization for Standardization*) 19110:2016 (ISO, 2016) y la NTC (Norma Técnica Colombiana) 5661 ratificada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec, 2010a), que establecen la metodología utilizada para la catalogación de objetos geográficos. De igual manera, se consideraron las normas ISO 19117:2011 y ISO 19117:2012, que especifican el esquema conceptual para la catalogación de los símbolos (ISO, 2011, 2012).

Para la elaboración de la plantilla del catálogo de objetos se tuvieron en cuenta las normas de estándares relacionadas con la información geográfica tales como: NTC 4611 segunda actualización (Icontec, 2011) que establece las pautas para el uso de metadatos geográficos; NTC 5043 (primera actualización), la cual vela porque los conceptos básicos de calidad de los datos geográficos tengan lineamientos técnicos que busquen unificar características de la información geográfica (Icontec, 2010b); NTC 5662 que incluye las especificaciones técnicas de productos geográficos, estableciendo los requerimientos y expectativas que se tienen por parte del usuario, partiendo de los conceptos establecidos por la norma ISO 19131 (Icontec, 2010c); y la Resolución 068 de 2005 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), con la que se adopta el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia Magna-Sirgas (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, Densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas) como único *datum* oficial de Colombia.

Igualmente se consideraron las directrices establecidas por el Consejo de Política Económica y Social (CONPES), en el documento No. 3585 de 2009, cuyo objetivo central es coordinar la producción, la disponibilidad, el acceso y el uso de la información geográfica en el ámbito de las entidades del Estado (CONPES, 2009); y por el Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica No. 28 (CTN28) del Icontec, que agrupa un conjunto de componentes estandarizados para la información geográfica en Colombia (CTN28, 2002).

De otro lado, ante la necesidad de articulación entre las instituciones productoras o usuarias de la información geográfica en Colombia se hace imperante la adopción de normas y estándares que garanticen la comunicación entre los distintos actores institucionales. Es por ello que los conceptos de interoperabilidad y normalización cobran especial importancia en la conformación de la ICDE; entendiéndose interoperabilidad como la posibilidad de interacción entre sistemas diferentes, y normalización como la adecuación de procedimientos, datos y servicios a pautas técnicas establecidas a partir de acuerdos interinstitucionales.

Teniendo en cuenta los antecedentes, y siguiendo las directrices institucionales que requerían la generación de estándares, guías y metodologías en cada una de las áreas temáticas institucionales, se propone la creación de un proceso de estandarización de información geográfica dentro del SGC y que resulte útil, además, para la comunidad científica externa a la institución. Para lo anterior se consultaron los estándares internacionales establecidos por la Organización Internacional de Estandarización en las distintas ediciones de la norma ISO 710 (ISO, 1974; 1982; 1984; 1989), y trabajos realizados por diferentes autores desde la década de los años 70 relacionados con la estandarización de la cartografía geológica y geomorfológica y la gestión de la información geográfica (IPGH, 1978; BMRGG, 1989; Mawer, 2002; Ingeominas, 2004; Asch, 2005; FGDC-USGS, 2006; GSE, 2007; Hastings *et al.*, 2007; IGME, 2007; Frye y Day, 2009; Carvajal, 2012; IGAC, 2012; Robertson *et al.*, 2013; OGC, 2013; Gómez *et al.*, 2015a; Gómez *et al.*, 2015b; IIGE, 2019).

De esta revisión se destaca el *FGDC Digital Cartographic Standard for Geologic Map Symbolization*, del *Federal Geographic Data Committee* y del Servicio Geológico de los Estados Unidos (FGDC-USGS, 2006), que presenta una guía práctica y completa con los símbolos que deben ser usados para la representación de las diferentes características

geológicas, haciendo una subdivisión de estos símbolos según los procesos geológicos. Esta guía y algunos mapas realizados en los últimos años por el SGC fueron parte de la base principal para la construcción del catálogo de símbolos presentado en este documento como avance del proceso de estandarización. Además, se tomaron en cuenta trabajos realizados en años anteriores por el SGC.

4. DESCRIPCIÓN DE LAS BASES DE DATOS

Para el almacenamiento de los datos se propuso implementar una base de datos geoespacial (*base de datos*), de acuerdo con el avance de la tecnología SIG y las herramientas con las que cuenta el SGC en la actualidad, así como la aplicación de estándares tanto institucionales como nacionales, se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

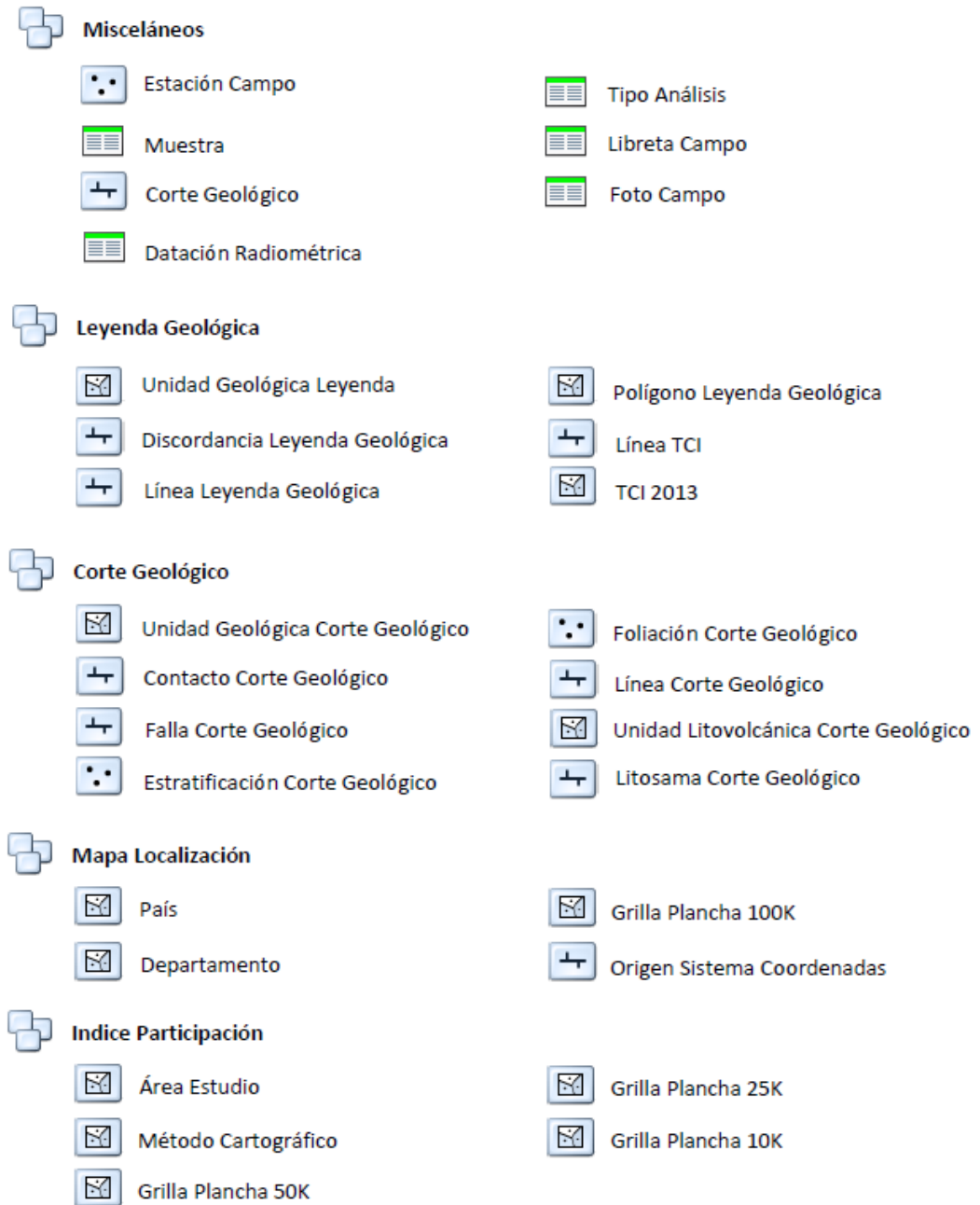
- El esquema de representación de los datos debe permitir la gestión sistémica de los datos geocientíficos existentes, levantados en campo. Este esquema considera aspectos de ubicación, características espaciales, atributos/estado y comportamiento geográfico, y a su vez identifica las conexiones y las relaciones entre las clases de objetos geoespaciales y no espaciales.
- Se debe eliminar la redundancia en el almacenamiento de los datos, aplicando el método de normalización en las tablas de atributos.
- Se deben identificar y establecer las reglas de integridad geográfica y de análisis topológico con el fin de minimizar el error lógico y garantizar la uniformidad de los datos.
- Se deben aplicar los estándares del catálogo de objetos geográficos establecidos para la cartografía colombiana, de acuerdo con los lineamientos de la ICDE (2016).

- Los valores correspondientes a los campos de atributos en la base de datos se llenan de acuerdo con los estándares de dominios (o la lista de valores) adoptados por los diferentes grupos temáticos sobre los cuales se deben tener acuerdos.
- La estructura de datos debe ser el fundamento para la definición de la estructura de datos e integración de la BDEI – SIIG.

Esta base de datos es implementada en una *base de datos* geoespacial con capacidades de almacenamiento, documentación, edición y distribución de los datos geográficos. Este tipo de *base de datos* debe ser ampliamente utilizada por usuarios, instituciones y organismos del Estado Colombiano, acorde a la ICDE.

La *base de datos* tiene un mismo marco de referencia espacial, donde se almacena toda la información de tipo vectorial y ráster, para los productos, la información es organizada en directorios de datos relacionados espacial o temáticamente (conjunto de datos) que contienen clases de entidad (capas) las cuales poseen atributos que describen las características de los objetos espaciales y pueden tener asociadas anotaciones (*annotation*). Las capas tipo ráster pueden estar contenidas en un *raster dataset*, o en un mosaico de datos (*mosaic dataset*). Esta *base de datos* se encuentra como anexo al documento estándar y se entrega en formato file (.gdb). o en archivos shapefile (.SHP).

Figura 3. Estructura de la *base de datos* diseñada para el trabajo en la temática de misceláneos (Gómez-Gómez, 2020).



4.1 Topología

La topología o geometría de la posición se ocupa de aquellas propiedades de las figuras que permanecen invariantes, es decir inalteradas por transformaciones continuas, aplicando conceptos como proximidad, agujeros, consistencia que presenta un objeto, conectividad, compactibilidad, metricidad entre otros. En este sentido la topología permite la definición de unas reglas sobre la unión y la intersección de los objetos geométricos, es por esta razón que a nivel de bases de datos espaciales se aplica en los objetos tipo Vector (puntos, líneas y polígonos) en la cual se define cómo las entidades que comparten una geometría coincidente. Por ejemplo, las líneas de predios y los bloques de manzana tienen una geometría común.

Ahora bien, en la base de datos que se ha venido trabajando en el SGC, la topología incluye los siguientes aspectos²:

- La base de datos incluye un modelo de datos topológicos con un formato de almacenamiento abierto para entidades simples (clases de entidad de puntos, líneas y polígonos), reglas topológicas y coordenadas topológicamente integradas entre las entidades con geometría compartida. El modelo de datos permite definir las reglas de integridad y el comportamiento topológico de las clases de entidad que participan en una topología.
- Al crear la topología se crean las capas “topológicas” que se utilizan para mostrar relaciones topológicas, errores y excepciones. Por lo cual se dispone de un conjunto de herramientas para consultar, editar, validar y corregir los errores de las topologías.
- Así mismo, se dispone de herramientas de geoprocésamiento para generar, analizar, administrar y validar las topologías.
- Se deben analizar y detectar los elementos topológicos en las clases de entidad de puntos, líneas y polígonos de cada temática a estandarizar.

² Tomado de: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/topologies/topology-in-arcgis.htm>

A continuación de muestra una aplicación de validación topológica para la temática de geotermia.

Tema	Código	Grupo	Código	Objeto	Código	Geometría	Nombre Topología	Rango x,y	Regla Topológica	Objeto Relacionado	
Geotermia	21	Geotermia	2101	Area_Geotermica	2101001	Poligono	AreaGeotermica_Topologia	1	Must Not Overlap	Sistema_Geotermico	
				Sistema_Geotermico	2101002	Poligono		1	Must Cover Each Other Must Not Overlap		
				Zona_Alteracion_Hidrotermal	2101003	Poligono		1	Must Be Covered By Must Not Overlap	Area_Geotermica	
		Flujo_Calor	2102	Pozo_Geotermico	2102002	Punto		PozoGeotermico_Topologia	1	Must Be Disjoint	
		Potencial_Geotermico	2103	Estimacion_Potencial_Geoter	2103001	Poligono		PotencialGeotermico_Topologia	1	Must Not Overlap	
											Must Be Covered By

Figura 4. Validacion topológica temática Geotermia.

5. CATÁLOGO DE OBJETOS

La estructura del catálogo de objetos que se describe en este documento se basa en la “Guía para la catalogación de objetos y símbolos geográficos del SGC” (Mahecha, 2019) y en las políticas y lineamientos de la ICDE, la ISO 19110 de 2016 y la ISO 19117 de 2011 y 2012 así como en la NTC 5661 de 2010. Con estos lineamientos se busca facilitar la interoperabilidad y normalización de la información geoespacial, lo que permite armonizar, facilitar, disponer y acceder a la información geográfica contenida en bases de datos estandarizadas y de calidad.

Un catálogo de objetos geográficos, por definición, se basa en la abstracción de la realidad clasificada en conjuntos de datos geográficos cuyo nivel básico es el tipo de objeto. Cada objeto cuenta con una definición, una clasificación, una codificación y unas características, tales como los atributos, los dominios, las relaciones y las operaciones entre ellos (ICDE, 2016); todo esto con el fin de representar adecuadamente cada objeto geográfico. El catálogo de objetos de este trabajo es presentado de forma clara, precisa, comprensible y accesible para los usuarios lo que permite más fácilmente la generación, la revisión y la actualización de la información.

De acuerdo con ICDE (2016), los elementos que componen un catálogo de objetos geográficos muestran una organización jerárquica agrupada en temas, grupos y objetos. El tema es el primer nivel de jerarquía y su objetivo es agrupar y ordenar los fenómenos y los elementos de la realidad. Los grupos corresponden al segundo orden de jerarquía, son definidos como subconjuntos del tema que tienen características similares y que describen las particularidades del catálogo al que pertenecen. Los objetos son el tercer orden

jerárquico y son definidos como la representación abstracta de un determinado elemento o fenómeno del mundo real que se localiza de manera relativa o absoluta sobre la superficie terrestre.

Cada objeto tiene características y comportamientos específicos que lo diferencian de otros objetos, y posee a su vez atributos, operaciones y relaciones, por lo que son únicos. Los atributos son definidos como las características propias e implícitas que describen a cada uno de los objetos geográficos y que hacen parte de la información del objeto; cada posible valor que puede tomar un atributo está dentro de la lista de dominios. A través de estos atributos se identifican las relaciones y operaciones; las primeras hacen referencia a los vínculos entre un tipo de objeto o entre diferentes tipos de objetos; mientras que las operaciones son las acciones que se ejecutan por las instancias (ocurrencias) de un tipo de objeto.

La estructura del catálogo de objetos para el SGC fue organizada y propuesta por el grupo de estándares a partir de la estructura realizada para la tematica de Geología, con base en la información consignada en el documento de Gomez y Montaña (2016). De esta manera, la estructura para este esquema general de estandarización se divide en temas los cuales se han venido trabajando con los grupos que han hecho parte del proceso y la cual está en construcción, en la siguiente figura se muestra esta estructura implementada para el tema Geotermia, acorde a la NTC 5661.

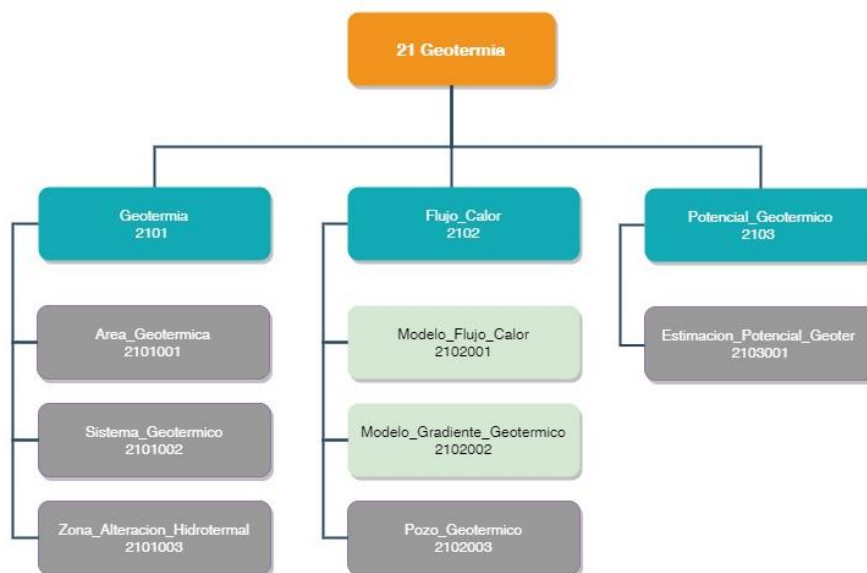


Figura 5. Estructura general del catálogo de objetos geográficos para el Grupo de trabajo Geotermia del SGC. Los recuadros de color verde se refieren a objetos tipo raster, los de color gris a objetos tipo vector, con base en Matiz-León, J. C., Alfaro-Valero, C., Rueda-Gutiérrez, J., Rodríguez-Rodríguez, G., Malo-Lazaro, J., González-Idárraga, C., Beltrán-Luque, M., Rodríguez-Ospina, G., Casallas-Veloza, Y., y Herrera-Casseres, J. C. (2020). *Estándar cartográfico para información geotérmica*. Bogotá D.C.: Servicio Geológico Colombiano.

6. CATÁLOGO DE SÍMBOLOS

La simbología juega un papel muy importante en la representación cartográfica ya que los símbolos intentan expresar lo que se visualiza en un área determinada. La forma y el tamaño del símbolo están determinados por la escala del mapa, que es muy importante para la correcta visualización de la salida gráfica. La simbología presentada en este trabajo es el resultado de la revisión, selección y modificación de símbolos, colores y patrones utilizados en diferentes metodologías de cartografía geológica alrededor del mundo. Entre los trabajos consultados está la guía *FGDC Digital Cartographic Standard for Geologic Map Symbolization* (FGDC-USGS, 2006), así como otros trabajos de orden internacional y se tuvieron en cuenta algunos símbolos utilizados en anteriores mapas del SGC.

6.1 Símbolos

La amplia variedad de rasgos y estructuras morfológicas que exhiben los ambientes volcánicos hace necesario el uso de diferentes símbolos cartográficos y de herramientas gráficas que faciliten la representación de las geoformas, procesos y estructuras volcánicas, así como de la historia eruptiva de un volcán, complejo volcánico o área volcánica determinada.

La simbología presentada en este documento y como tal en el proceso de estandarización proporciona información específica sobre el carácter o la geometría de cada característica a representar. Estos elementos se encuentran representados en formato vectorial, mediante formas geométricas de puntos, líneas y polígonos, o la combinación de ellos.

A continuación, se presenta un catálogo de símbolos a escala 1:25 000 referente a las características utilizadas en cartografía geológica de volcanes. Los símbolos de este catálogo han sido ajustados a escalas 1:50 000 y 1:100 000, y podrán ser ajustados a la escala de trabajo requerida por otros usuarios, según las necesidades particulares, para ello se pueden tener en cuenta las proporciones descritas a continuación en las especificaciones cartográficas.




Código del símbolo	Nombre del símbolo	Tipo	Muestra gráfica	Propiedades	Descripción	Escala	Recomendaciones de uso
CS020200202701	Borde de centro de emisión/ cráter	Línea		Color RGB (0,77,168) 0,35 mm 1,8 mm	Usado para delinear el contorno de un cráter o centro de emisión	1:25 000	Se sugiere usar el color azul oscuro
CS020200202702	Borde de centro de emisión inferido/cráter inferido	Línea		Color RGB (0,77,168) 0,35 mm 1,8 mm 0,25 mm	Usado para delinear el contorno de un cráter o centro de emisión inferido	1:25 000	
CS020200202703	Borde de centro de emisión inferido cubierto/cráter inferido cubierto	Línea		Color RGB (0,77,168) 0,35 mm 1,3 mm	Usado para delinear el contorno de un cráter o centro de emisión cubierto	1:25 000	

Figura 6. Catálogo de símbolos utilizados en cartografía geológica de volcanes (Pulgarín, B., Castilla, S., Palechor, D., Tamayo, M., Correa-Tamayo, A., Cruz, Y., Rayo, L., Zuluaga, I. y Almanza, M., 2020).

6.2 Carta de colores y achurados

En este proceso como parte del proceso de estandarización se pueden incluir cartas de colores y achurados que varían de acuerdo a la temática y a lo que se quiere representar usualmente estos se usan aplicando transparencias o achurados de forma tal, que permitan ver toda la información en su conjunto, como se presenta en la siguiente figura:

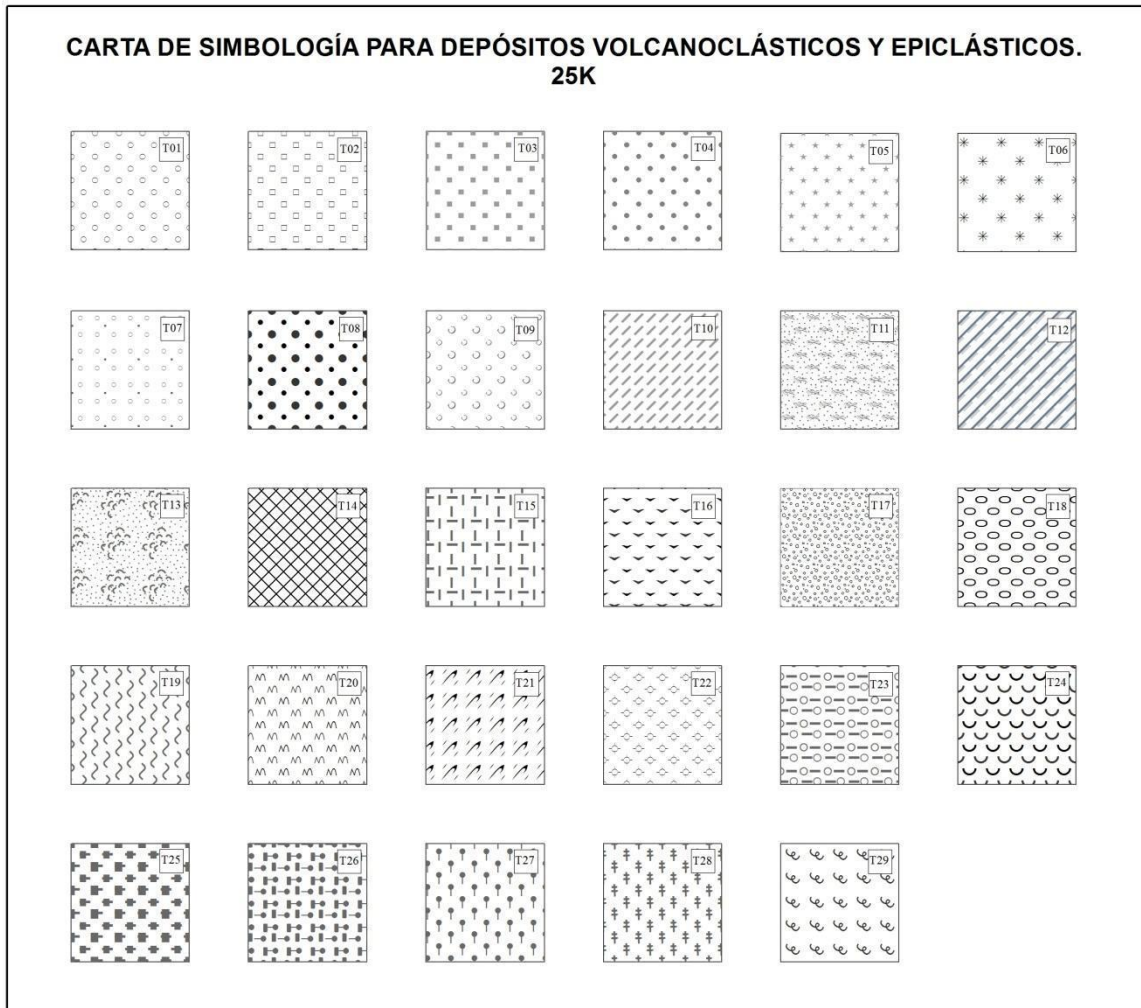


Figura 8. Carta de achurados propuesta para la representación de los depósitos volcanoclásticos y depósitos epiclásticos en los mapas geológicos de volcanes. (Pulgarín, B., Castilla, S., Palechor, D., Tamayo, M., Correa-Tamayo, A., Cruz, Y., Rayo, L., Zuluaga, I. y Almanza, M., 2020).

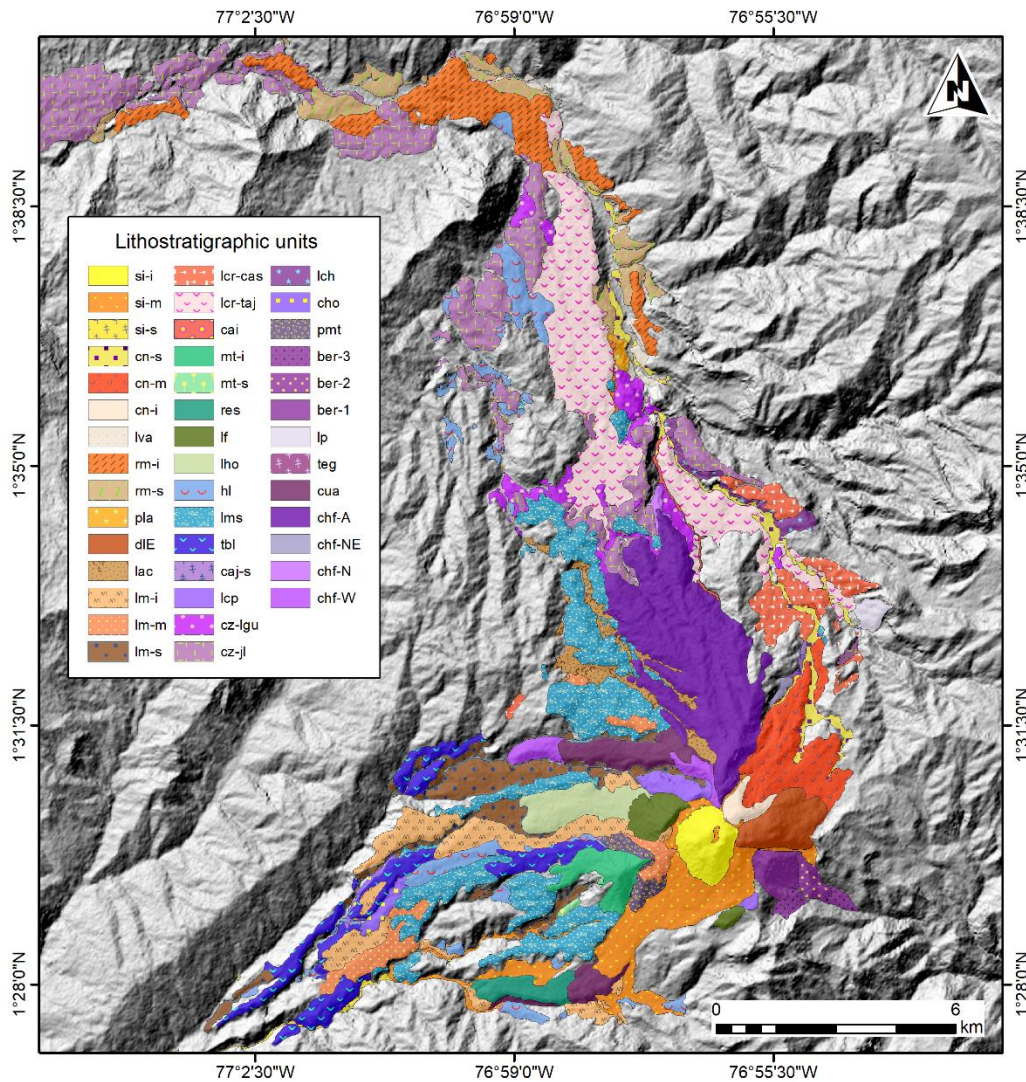


Figura 9. Ejemplo ilustrativo del uso de la carta de colores y achurados aplicada. Cada color representa una formación o miembro del mapa geológico del Complejo Volcánico Doña Juana (modificado de Pardo *et al.*, 2019).

7. ESTILOS DE ANOTACIONES

Las anotaciones hacen referencia a los textos que describen las características geográficas y geológicas en un mapa geológico, por ejemplo, los nombres de ciudades, pueblos, quebradas, ríos, la nomenclatura vial, el nombre de las fallas geológicas, los acrónimos de las unidades litoestratigráficas, entre otras. La estandarización de estos textos o “*labels*” garantiza una mejor visualización y claridad del contenido del mapa.

Las anotaciones son almacenadas como un capas de anotación dentro de la base de datos, de esta manera, tienen una ubicación geográfica y atributos, y pueden estar dentro de un dataset de entidades o de un capas de entidad independiente. Las anotaciones de la base de datos están indexadas espacialmente, lo que significa que su diagramación y selección es mucho más rápida y eficiente.

Las anotaciones para los mapas geológicos de volcanes colombianos suelen ser texto, pero también pueden incluir formas gráficas, como, por ejemplo, cuadros o flechas, que requieren otro tipo de simbología (Esri, 2016; Figura 9). Cada entidad de anotación tiene unas características que las define tales como fuente, tamaño, color y cualquier otra propiedad de símbolo de texto. De esta manera, algunas de las propiedades editables de una anotación son:

- Desplazamiento de las coordenadas X y Y
- Alineación horizontal y vertical
- Inversión del ángulo
- Texto incluyendo fuente, tamaño, color, espaciado entre caracteres, ancho de caracteres y símbolo de fondo
- Formato de texto: negrita, cursiva y subrayada
- Propiedad de dirección del texto









Anotaciones										
Feature Class	Atributo	Ejemplo	Propiedades							
			Font	Size (Points)	Style			Color		
					Italic	Underline	Bold	R	G	B
RasgosGeomorfo VolcanicosLineaAnot	Orden cronológico de estructuras de colapsos 		Arial Narrow	7,00			X	4	73	144
RasgosGeomorfo VolcanicosLineaAnot	Colapso de flanco 		Arial Narrow	7,00			X	4	73	144
RasgosGeomorfo VolcanicosLineaAnot	Colapso de sector 		Arial Narrow	7,00			X	4	73	144
RasgosGeomorfo VolcanicosLineaAnot	Orden cronológico de domo de lava 		Arial Narrow	7,00			X	4	73	144

Figura 10. Estilos de anotaciones utilizados en los mapas geológicos de volcanes colombianos.

8. SALIDA GRÁFICA

La cartografía geológica oficial en áreas volcánicas en Colombia se elabora sobre las bases cartográficas a escala 1:25 000 del IGAC, entidad encargada de elaborar la cartografía oficial del país. De ser necesario, la información faltante en la base cartográfica se puede generar a partir de imágenes satelitales u otro tipo de insumo cartográfico. Por otro lado, tanto la escala de impresión como la simbología se pueden adaptar a las necesidades de visualización del autor o de los autores del mapa. Por ejemplo, a partir de la experiencia obtenida en la última década por el SGC, para los mapas geológicos de áreas volcánicas, principalmente de volcanes compuestos, se han utilizado escalas de impresión de 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 o escalas intermedias dependiendo de la extensión de los dominios de cada volcán. Esto permite la visualización completa del área cartografiada en un solo mapa (Pulgarín *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 2014; Pardo *et al.*, 2016 y 2019; Pulgarín *et al.*, 2017). Por ejemplo, para el Complejo Volcánico Paramillo de Santa Rosa, se presentaron tres mapas de escalas 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 con el fin de mostrar completamente el área de dominio del volcán (1:100 000), el detalle de la zona media (1:50 000), y de la zona proximal (1:25 000).

Para la representación de estos mapas se diseñó una plantilla teniendo en cuenta los estándares del SGC, con los respectivos ajustes realizados por el Grupo de Geología Volcanes y utilizando el *software* ArcGIS (versión 10.X de ESRI, -2018-). Se definieron una serie de elementos básicos para estandarizar la representación gráfica de las

características y los diversos procesos que afectan las estructuras y morfologías volcánicas, incluyendo los procesos tectónicos, erosivos o glaciales que se hayan dado. Esto permite al usuario comprender e interpretar la historia eruptiva del volcán o área volcánica y visualizar los posibles eventos de construcción, de destrucción y de inactividad volcánica.

La plantilla de trabajo (Figura 10) está dividida en 17 marcos de datos (plantilla de mapa) enumerados en el siguiente orden: 1. Mapa geológico, 2. Rótulo, 3. Mapa de localización y sistema de referencia, 4. Índice de hojas adyacentes, 5. Convenciones geológicas y cartográficas, 6. Referencias, 7. Inconformidades, 8. Litosomas, 9. Unidades litoestratigráficas, 10. Incertidumbre estratigráfica, 11. Edad, 12. Interpretación en términos de unidades eruptivas y de unidades de actividad volcánica, 13. Mapas esquemáticos de la historia eruptiva o mapas de isolíneas de acuerdo a lo que el autor -o los autores- del mapa considere pertinente, 14. Mapa morfoestructural, 15. Mapa de distribución de caídas piroclásticas, 16. Diagramas de variabilidad geoquímica, 17. Corte geológico. Si no se cuenta con la información necesaria para los elementos 13, 15 y 16 o si se quiere ilustrar información adicional que se crea conveniente, se pueden utilizar estos espacios para tal fin.

Esta plantilla fue inspirada en los mapas de las islas Eolias (De Astis, *et al.*, 2013b; Lucchi *et al.*, 2013a, 2013b, 2013c, 2013d, 2013e, 2013f) que tienen en cuenta los conceptos unidad litoestratigráfica, inconformidad estratigráfica de la *Guía Estratigráfica Internacional*, litosoma de Lucchi (2013) y unidad de actividad volcánica y unidad eruptiva de Fisher y Schmincke (1984). Si todos estos conceptos no son usados, se recomienda utilizar el modelo simplificado de la plantilla que es ilustrado en la Figura 11.

A continuación, se presentan las descripciones de los elementos que deben ser configurados en las plantillas de salida gráfica de los mapas. Estos elementos fueron ajustados de acuerdo a la información del mapa del Complejo Volcánico Paramillo de Santa Rosa, por lo tanto y considerando que cada volcán es diferente, es posible ajustar las medidas de los recuadros con el fin de lograr la mejor visualización del mapa.

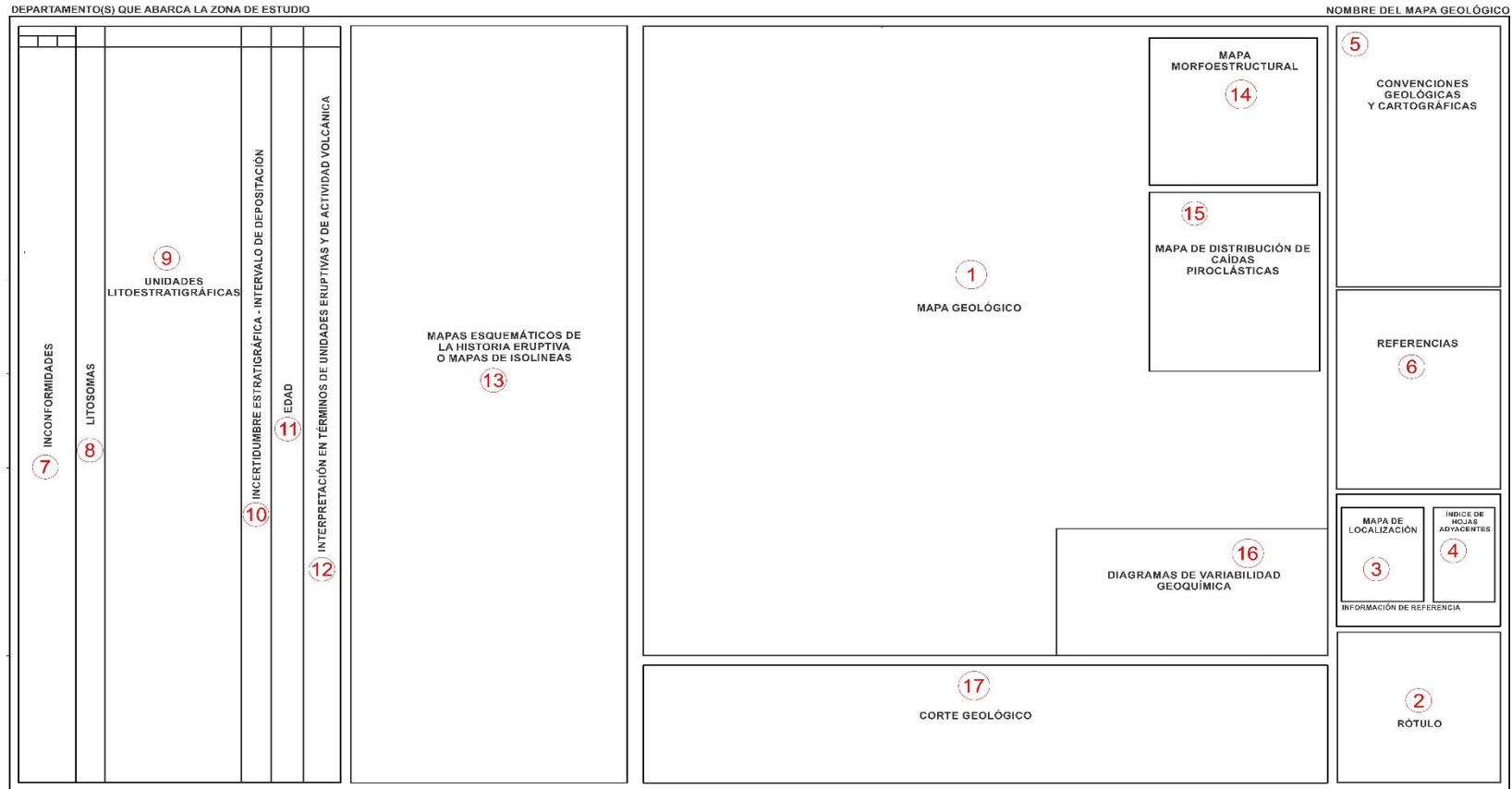


Figura 10. Plantilla para la salida gráfica de mapas geológicos de áreas volcánicas en Colombia.

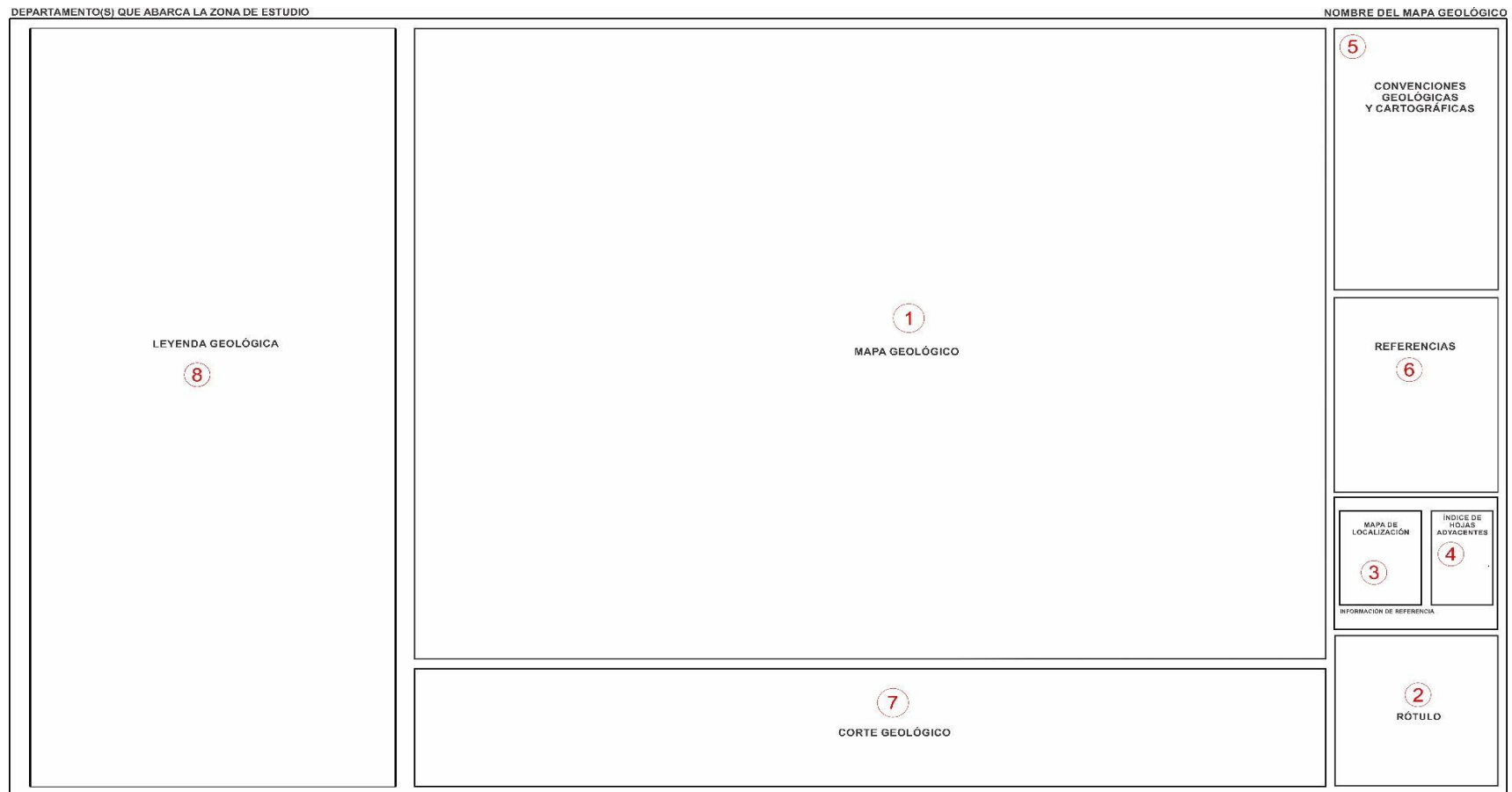


Figura 11. Plantilla simplificada para la salida gráfica de mapas geológicos de áreas volcánicas en Colombia.

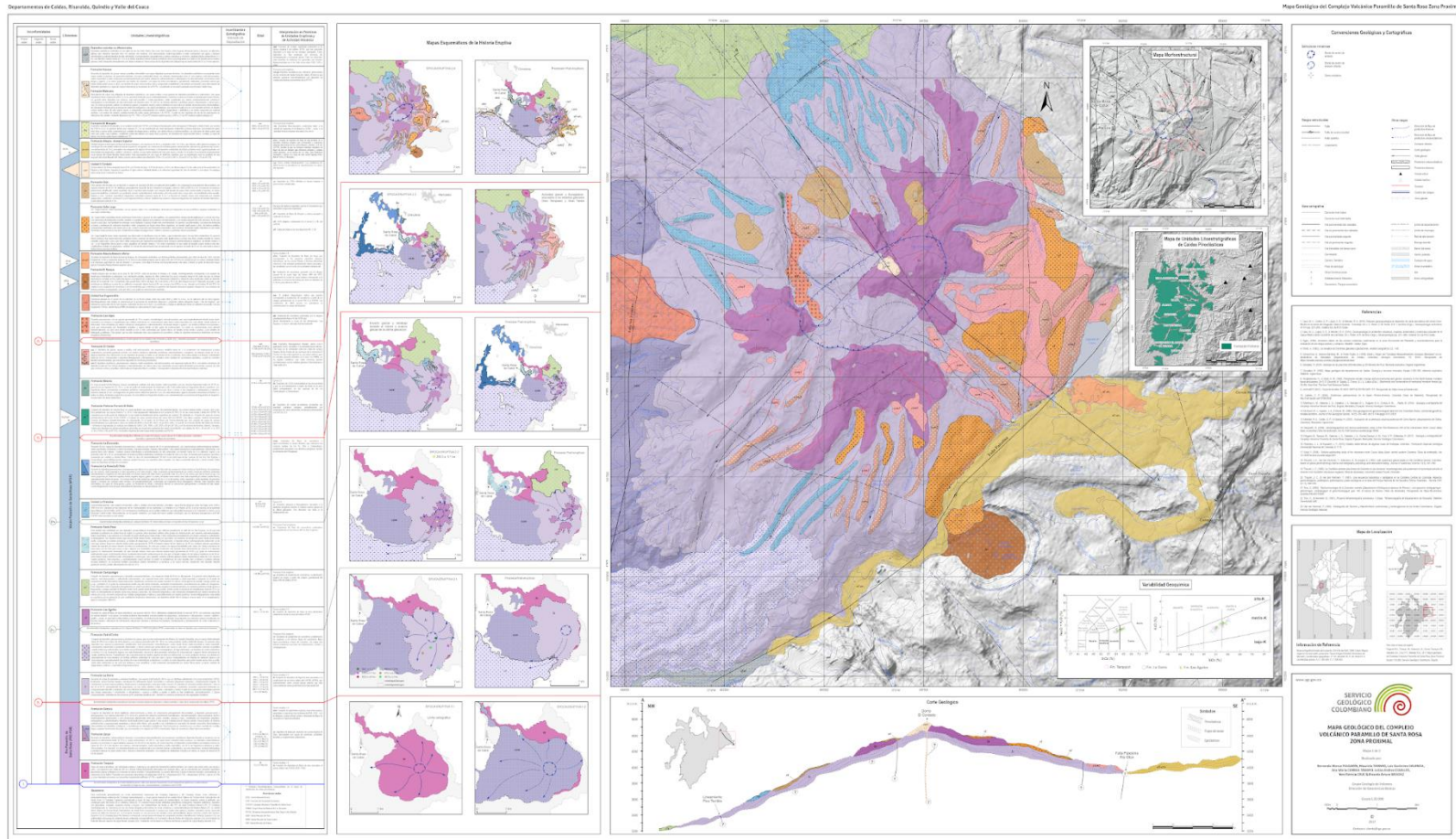


Figura 12. Ejemplo de salida gráfica en una plantilla para mapa a escala 1:25 000 (Anexo 2). Adaptada al mapa geológico de la zona proximal del Complejo Volcánico Paramillo de Santa Rosa (modificado de Pulgarín *et al.*, 2017).

8.1 Rótulo

El rótulo está ubicado en la esquina inferior derecha de la plantilla, en él debe incluirse el logo de la entidad y el título del mapa. De igual forma, se colocan el nombre del autor o los autores del mapa, su afiliación institucional, la escala numérica, la escala gráfica y el año de publicación del mapa, como se indica en la Figura 13.

En la esquina superior derecha del marco principal de la plantilla (Figura 14) se coloca el nombre del mapa que debe coincidir con el nombre del rótulo (Figura 13). Adicionalmente, en la esquina superior izquierda del marco se ubican los nombres de los departamentos que abarcan el área cartografiada (Figura 14).

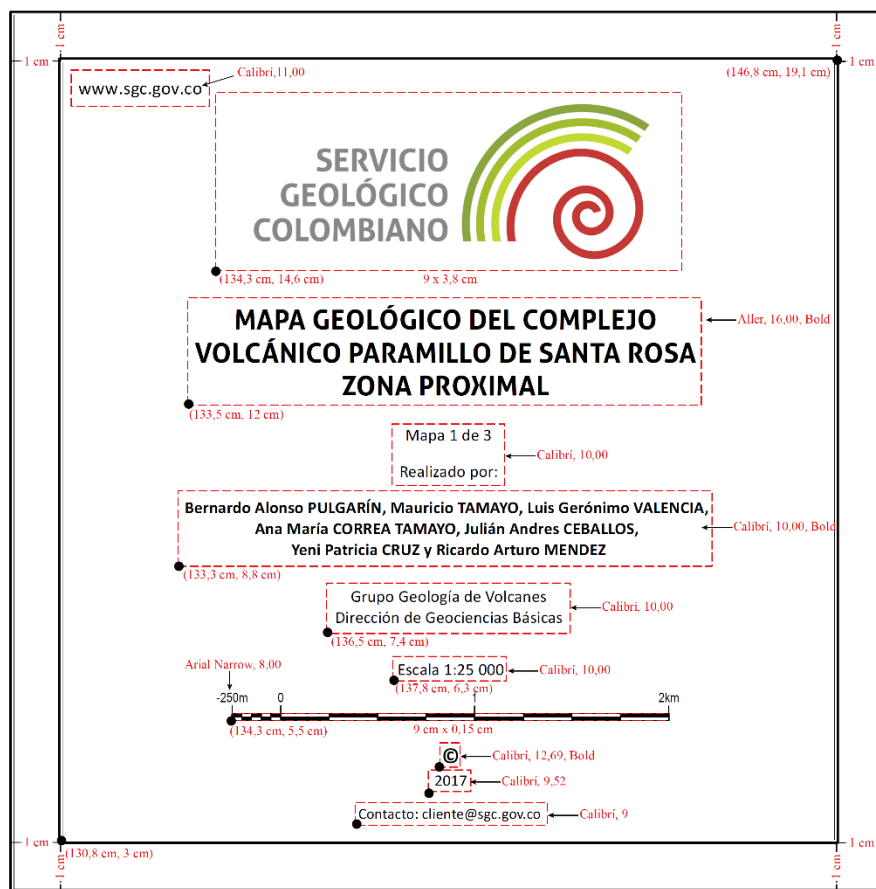


Figura 13. Configuración del rótulo de la plantilla en el mapa geológico del Complejo Volcánico Paramillo de Santa Rosa Zona proximal, con sus respectivos atributos (modificado de Pulgarín et al., 2017).

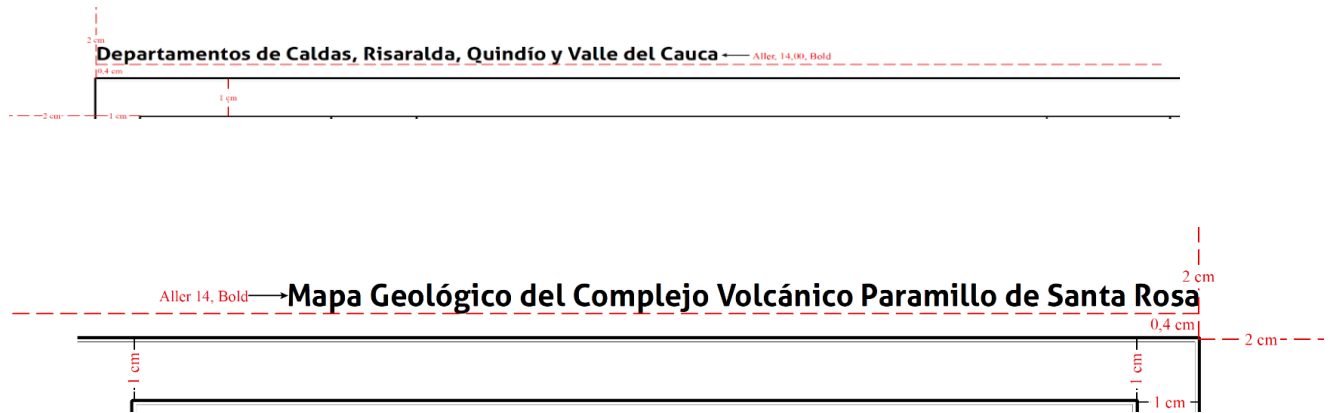


Figura 14. Nombre de departamentos que abarca la zona de estudio. Nombre del mapa que coincida con el nombre del rotulo.

8.2 Mapa de localización e información de referencia

Este elemento está ubicado justo encima del rótulo. En él se encuentra el mapa de localización, que contiene el mapa político de Colombia dividido por los ejes de origen del sistema de referencia utilizado, con un polígono que delimita el área de estudio. En la información de referencia se incluye la fuente de la base cartográfica (título y fecha), el sistema de referencia utilizado en el mapa (*datum*, origen, sistema de proyección geográfica, coordenadas geográficas y planas del origen) y la referencia del modelo digital de elevación empleado (Figura 15).

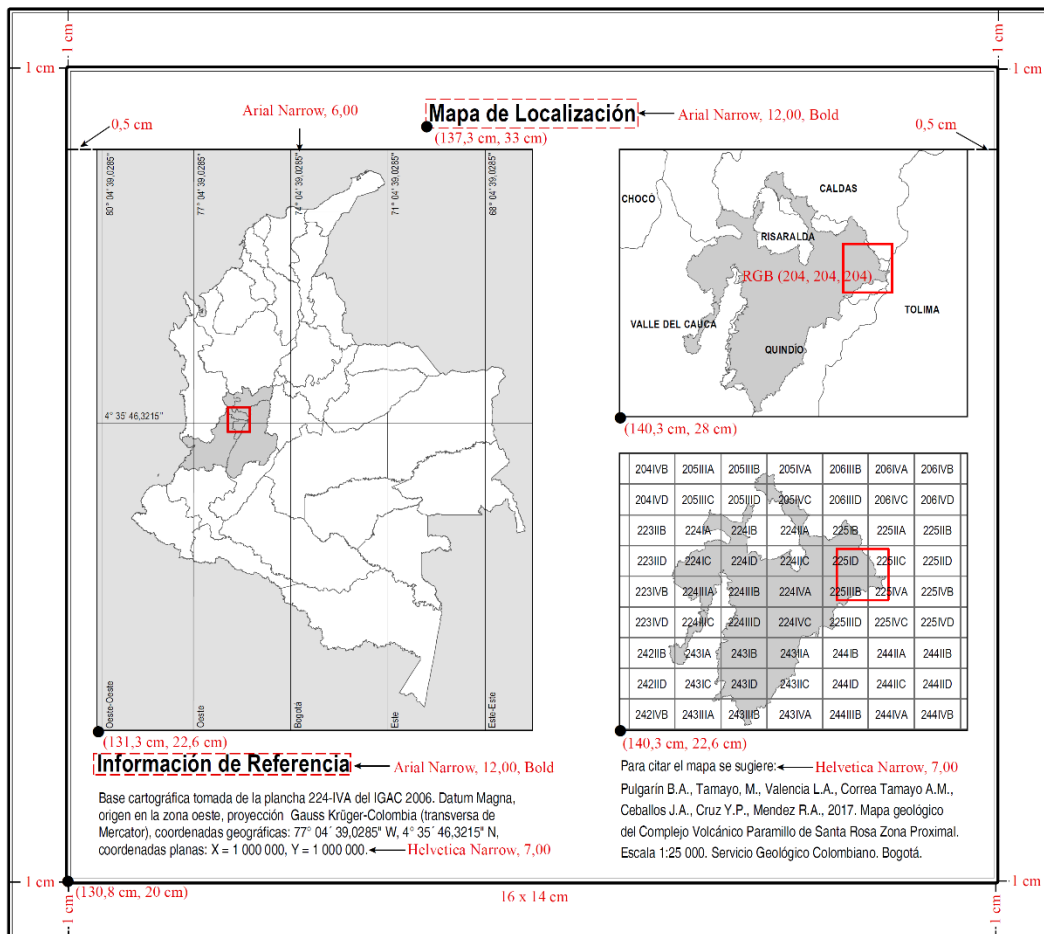


Figura 15. Ejemplo de representación del mapa de localización, sistema de referencia y hojas adyacentes en el mapa geológico del Complejo Volcánico Paramillo de Santa Rosa con sus respectivos atributos (modificado de Pulgarín *et al.*, 2017).

8.3 Índice de hojas adyacentes

El índice de hojas adyacentes está ubicado al lado derecho del mapa de localización y está conformado por dos recuadros: el primero de ellos contiene el esquema de los departamentos en donde se ubica el área de estudio; y el segundo, ilustra el índice de las planchas topográficas escala 1:25 000 que enmarcan el área de trabajo (Figura 15).

8.4 Convenciones geológicas y cartográficas

En las convenciones geológicas y cartográficas se describe la simbología utilizada en el mapa, siguiendo los lineamientos propuestos en el catálogo de símbolos (Figura 16). Las convenciones pueden ser separadas en categorías como: estructuras volcánicas, rasgos estructurales, base cartográfica y otros rasgos. Frente a cada símbolo se debe colocar el nombre correspondiente; para lo que se recomienda dejar un espacio entre el símbolo y la descripción, y un espacio vertical entre los símbolos. Este espaciado puede variar dependiendo de la cantidad de símbolos que hayan sido utilizados en el mapa.

8.5 Referencias

En la plantilla hay un espacio utilizado para la lista de las referencias bibliográficas citadas en la leyenda del mapa (Figura 17). Deben ser citadas de acuerdo con los estándares institucionales descritos en la “Guía de estándares para la presentación de informes institucionales” del SGC (SGC, 2015). Se recomienda enumerar las referencias para luego ser citadas de forma abreviada en el resto del mapa; por ejemplo, en la columna de “Edad” se citan las fuentes bibliográficas de las cuales se tomaron dataciones radiométricas.

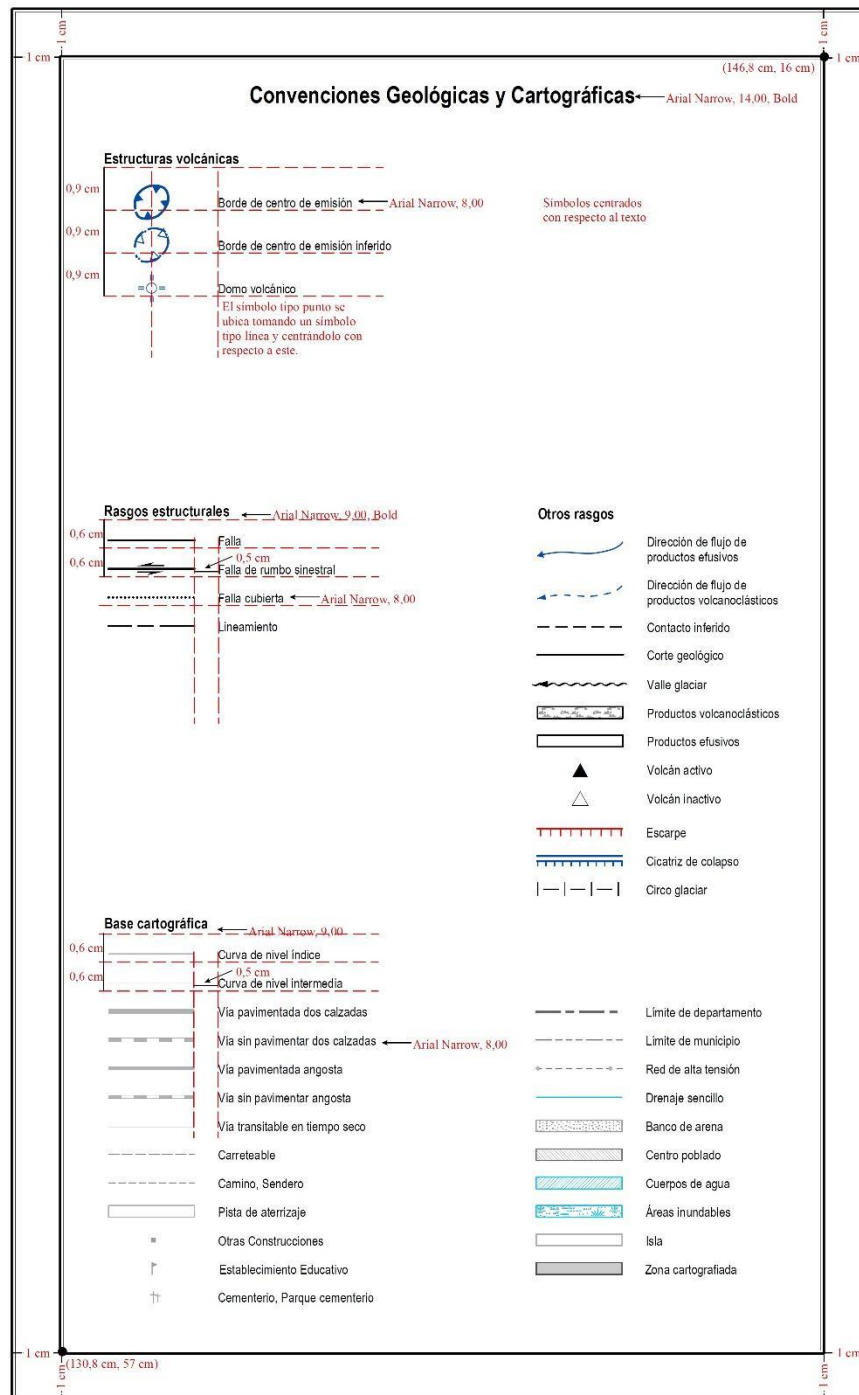


Figura 16. Ejemplo de representación de las convenciones geológicas y cartográficas en el mapa geológico del Complejo Volcánico Paramillo de Santa Rosa, con sus respectivos atributos (modificado de Pulgarín *et al.*, 2017).

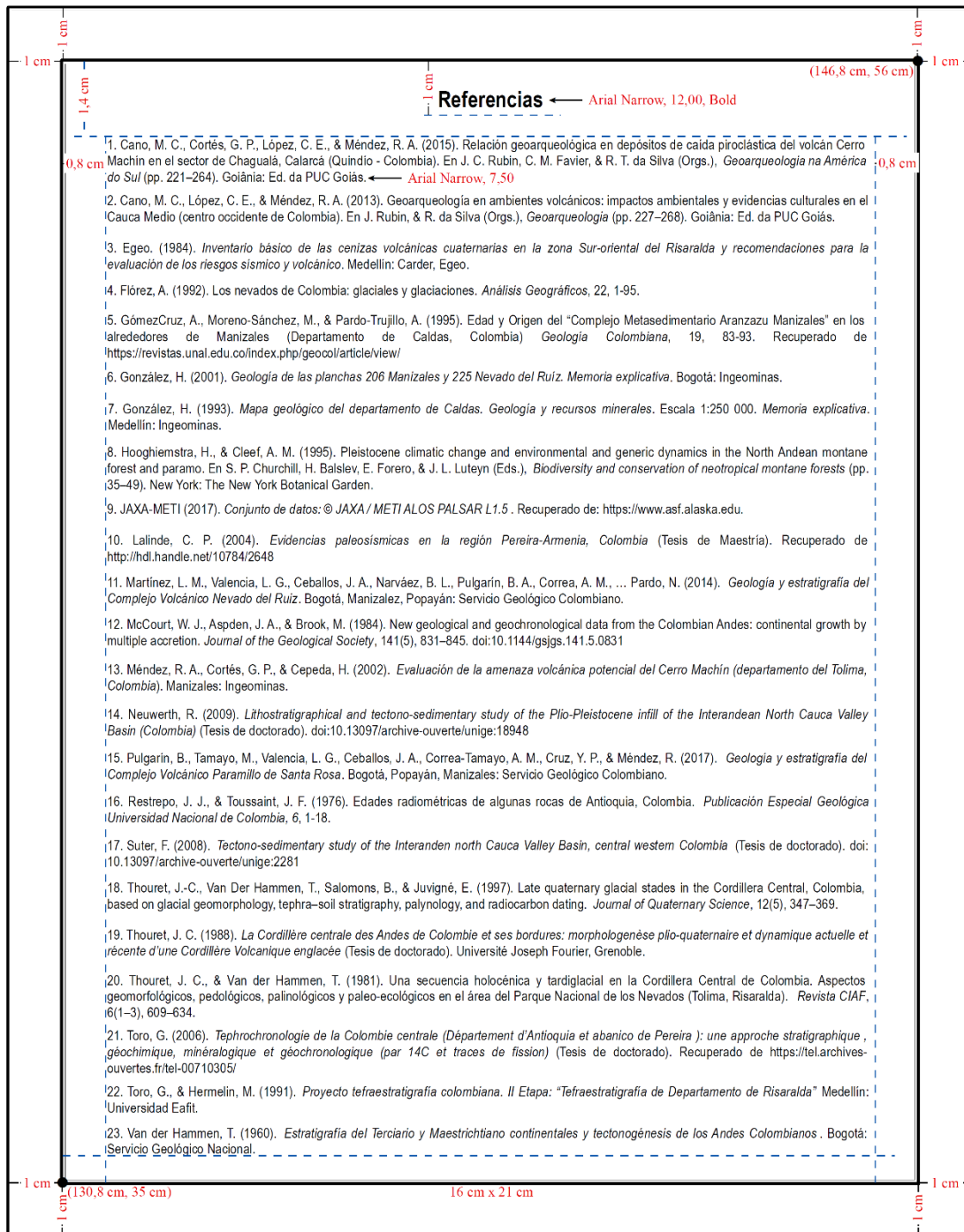


Figura 17. Ejemplo de presentación de las referencias en el mapa geológico del Complejo Volcánico Paramillo de Santa Rosa, con sus respectivos atributos (modificado de Pulgarín *et al.*, 2017).

9. ANEXOS

- Guías y formatos del Grupo de Estándares - Sistemas de Información Geocientífica:

Código	Nombre	Versión	Tipo
F-GGC-AEG-001	Plantilla del documento de Estándar Geocientífico	3.0	Formato
F-GGC-AEG-002	Plantilla del Catálogo de Objetos y Símbolos	2.0	Formato
GU-GGC-AEG-001	Guía para la catalogación de objetos y símbolos geográficos	1.0	Guía
F-GGC-AEG-003	Formato análisis de requerimiento SIG	1.0	Formato
F-GGC-AEG-004	Formato solicitud de publicación de información en el Geoportal	1.0	Formato

- Lista de revisión catalogo de objetos y símbolos.
- Estándar geográfico para información Geotérmica
- Estándares geográficos para geología de volcanes colombianos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuerdo 008 de 2014 [Servicio Geológico Colombiano, SGC]. Por el cual se define la Política de gestión de la información geocientífica del Servicio Geológico Colombiano. Diciembre 12 de 2014.

Boutin, R. M. A. (2008). Los estándares: una necesidad en la producción y manejo de la información geográfica básica. *Revista de Topografía AZIMUT*, 2, 25-36.

Carvajal, J. H. (2012). *Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia*. Bogotá D.C.: Servicio Geológico Colombiano (SGC).

Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica (CTN28). (2002). Recuperado de http://geoservice.igac.gov.co/contenidos_telecentro/estandares_geograficos/cursos/sem_1/uni1/S1_generalidades.pdf.

Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES). (2009). *Consolidación de la política nacional de información geográfica y la infraestructura colombiana de datos espaciales (ICDE)* (Documento No. 3585). Bogotá D.C.: CONPES.

Decreto 2703 de 2013. [Ministerio de Minas y Energía]. Por el cual se establece la estructura interna del Servicio Geológico Colombiano (SGC) y se determinan las funciones de sus dependencias. Noviembre 22 de 2013.

ESRI (2016). ArcGis for desktop, ArcMap. Retrieved from <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/annotations/what-is-annotation.htm>

Federal Geographic Data Committee [prepared for the Federal Geographic Data Committee by the U.S. Geological Survey]. (2006). *FGDC Digital Cartographic Standard for Geologic Map Symbolization: Reston, VA*. (Federal Geographic Data Committee Document Number FGDC-STD-013-2006)

Gómez, J., y Montaña, Y. (2016). *Estándar cartográfico para mapas geológicos a escalas 1M, 500K, 100K, 50K, 25K y 10K*. Bogotá D.C.

Gómez, J., Montes, N. E., Nivia, A., y Diederix, H. (2015a). *Mapa Geológico de Colombia* [material cartográfico]. 1:1'000,000. Bogotá D.C.: Servicio Geológico Colombiano (SGC).

Gómez, J., Nivia, A., y Montes, N. (2015b). *Notas Explicativas: Mapa Geológico de Colombia y Atlas Geológico de Colombia 2015*. Bogotá D.C.: Servicio Geológico Colombiano (SGC).

Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE). (2001). Documento electrónico. En Boutin, R. M. A. (2008). Los estándares: una necesidad en la producción y manejo de la información geográfica básica. *Revista de Topografía AZIMUT*, 2, 25-36.

Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE). (2016). *Guía de catalogación de objetos geográficos*. Bogotá D.C.: ICDE.

Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE). (2019). Estándares de nomenclatura, estratigrafía, simbolización y abreviaturas para la cartografía geológica (2.0). Quito, Ecuador: Dirección de Transferencia Tecnológica e Incubación, Instituto de Investigación Geológico Energético.

Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas). (2004). *Estándar Institucional para Cartografía Base-Propuesta Versión 2.0*. Bogotá D.C.: Ingeominas.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (2010a). Norma técnica colombiana 5661: Metodología para la catalogación de objetos geográficos. Bogotá: Icontec

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (2010b). Norma técnica colombiana 5043: Conceptos básicos de la calidad de los datos geográficos. Bogotá: Icontec

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (2010c). Norma técnica colombiana 5662: Especificaciones técnicas de productos geográficos. Bogotá: Icontec

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (2011). Norma técnica colombiana 4611: Metadatos Geográficos. Define el esquema requerido para describir la información geográfica análoga y digital. Bogotá: Icontec

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). *Curso fundamentos de infraestructura de datos espaciales (IDE)*. Centro de investigación y desarrollo en información geográfica (CIAF), Grupo de infraestructura de datos espaciales y gestión de la información geográfica (ed.). Bogotá D.C.: IGAC.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). Resolución 471. Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA – SIRGAS, Colombia (ed.). Bogotá D.C.: IGAC.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2005). Resolución 068 de 2005. Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA – SIRGAS, Colombia. Noviembre 17 de 2005.

Instituto Geológico y Minero de España (IGME). (2007). *Mapa geológico de España, segunda serie, primera edición, hoja 604* [material cartográfico]. 1:50,000. Madrid: IGME.

Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH). (1978). *Especificaciones para mapas topográficos*. Panamá: IPGH.

International Organization for Standardization (ISO) 19110. (2016). Geographic information – Methodology for feature cataloguing. Recuperado en <https://www.iso.org/standard/57303.html>

International Organization for Standardization (ISO) 19117. (2012). Geographic information – Portrayal. Disponible en <https://www.iso.org/standard/46226.html>

International Organization for Standardization (ISO) 19117. (2011). Geographic Information Portrayal (revision of first edition ISO 19117:2005). Recuperado en <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:19117:ed-2:v1>

International Organization for Standardization (ISO) 19131. (2010). Geographic Information - Data Product Specifications. Disponible en <https://www.iso.org/standard/36760.html>

International Organization for Standardization (ISO) 710. (1989). Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections, Part 5: Representation of minerals.

International Organization for Standardization (ISO) 710. (1984). Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross sections, Part 6: Representation of contact rocks, and rocks which have undergone metasomatic, pneumatolytic or hidrothermal transformation or transformation by weathering. Part 7: Tectonic symbols.

International Organization for Standardization (ISO) 710. (1982). Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross sections, Part 4: Representation of metamorphic rocks.

International Organization for Standardization (ISO) 710. (1974). Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections, Part 1: General Rules of representation. Part 2: Representation of sedimentary rocks. Part 3: Representation of magmatic rocks.

Ley 1712 de 2014. [Congreso de la República]. Por medio de la cual se crea la Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional y se dictan otras disposiciones. Marzo 06 de 2014.

Mahecha, M. L. (2019). *Guía para la catalogación de objetos y símbolos geográficos del SGC* (Informe interno). Bogotá D.C.: Servicio Geológico Colombiano (SGC).

Martínez, L. M., Valencia, L. G., Ceballos, J. A., Narváez, B. L., Pulgarín, B. A., Correa-Tamayo, A. M., Navarro, S., Murcia, H. F., Zuluaga, I., Rueda, J. B. y Pardo, N. (2014). *Geología y estratigrafía del Complejo Volcánico Nevado del Ruiz* (Informe interno). Bogotá D.C.: Servicio Geológico Colombiano (SGC).

Matiz-León, J. C., Alfaro-Valero, C., Rueda-Gutiérrez, J., Rodríguez-Rodríguez, G., Malo-Lazaro, J., González-Idárraga, C., Beltrán-Luque, M., Rodríguez-Ospina, G., Casallas-Veloz, Y., y Herrera-Casseres, J. C. (2020). *Estándar cartográfico para información geotérmica*. Bogotá D.C.: Servicio Geológico Colombiano.

Mawer, C. (2002). *Cartographic standard geological symbol index, Version 3*. British Geological Survey Research (Report, RR/01/01). Nottingham: BGS.

Open Geospatial Consortium (OGC). (2013). *CF-netCDF3 Data Model Extension standard. Version 3.1*. Ben Domenico and Stefano Nativi (Ed.). Open Geospatial Consortium. Recuperado de <http://www.opengis.net/doc/is/netcdf-data-model-extension/1.0>.

Pulgarín, B., Castilla, S., Palechor, D., Tamayo, M., Correa-Tamayo, A., Cruz, Y., Rayo, L., Zuluaga, I. y Almanza, M. (2020). *Estándares geográficos para geología de volcanes colombianos*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

Robertson, G., Jaramillo, O., y Castiblanco, M. (2013). *Guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000*. Bogotá D.C: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2014). *Plan Estratégico del Conocimiento Geológico del Territorio Colombiano 2013-2023*. Bogotá D.C.: SGC.

Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2015). *Guía de estándares para la presentación de informes institucionales*. Bogotá D.C.: SGC.

United States Geological Survey (USGS). (2015). *Volcanic hazards, Glossary*. Recuperado de <https://volcanoes.usgs.gov/vsc/glossary/fissure.html>