



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO GEÓGRAFO Y DEL MEDIO AMBIENTE**

**TEMA: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE DATOS GEOGRÁFICOS DE
LA CARTOGRAFÍA URBANA DEL CANTÓN PUJILÍ ESCALA 1:1000**

AUTOR: YÁNEZ FLORES, ANGIE VIVIANA

DIRECTOR: Ing. ROBAYO NIETO, ALEXANDER ALFREDO

SANGOLQUÍ

2019

CERTIFICADO DEL DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "*Evaluación de la Calidad de Datos Geográficos de la Cartografía Urbana del Cantón Pujilí Escala 1:1000*" fue realizado por la señorita *Yánez Flores, Angie Viviana* el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 19 de Julio del 2019

Firma:

Robayo Nieto, Alexander Alfredo

C.I. 1709139065

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO
AMBIENTE**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Yánez Flores, Angie Viviana*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *“Evaluación de la Calidad de Datos Geográficos de la Cartografía Urbana del Cantón Pujilí Escala 1:1000”* es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 19 de Julio del 2019

Firmas:

Yánez Flores, Angie Viviana

C.I. 1724786494

AUTORIZACIÓN



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO
AMBIENTE**

AUTORIZACIÓN

Yo, *Yánez Flores, Angie Viviana*, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: *"Evaluación de la Calidad de Datos Geográficos de la Cartografía Urbana del Cantón Pujilí Escala 1:1000"* en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 19 de julio del 2019

Firmas:

Yánez Flores, Angie Viviana

C.I. 1724786494

DEDICATORIA

Este Proyecto de Titulación se lo dedico a mis padres, quienes se esforzaron mucho para ver la culminación de mi carrera, dieron su tiempo, dinero y vida para que sea un profesional.

A mis hermanos y familia que estuvieron presentes en mi desarrollo personal y profesional, y apoyarme en todo lo que estuvo a su alcance.

A mis amigos por ser como una familia, y volver divertida mi vida junto a ustedes.

A mis profesores que fueron parte de mi desarrollo institucional y personal.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios, por darme las fuerzas para seguir adelante.

Agradezco a mis Padres, por ser el apoyo incondicional de mi vida, los ejemplos de mi valores y principios me han enseñado a nunca rendirme y seguir adelante, y siempre enfrentar de la mejor manera a los problemas que se presentan en mi vida.

Agradezco a mi tutor Ing. Alexander Robayo, por apoyarme y aconsejarme en lo académico y personal.

Agradezco a mi profesor Ing. César Leiva, por ser parte de la trayectoria de mi proyecto de titulación, me ha ayudado mucho en cuanto a conocimientos y dudas en problemas presentados en mi tesis.

Agradezco a mi profesor Dr. Fabián Rodríguez, que es un gran mentor y amigo, gracias a él puede ver de mejor manera los problemas que ocurrieron en mi vida, y superarlos de la mejor forma.

Agradezco a mis amigos por formar parte de mi vida académica y personal, gracias a ustedes disfrute cada momento en la universidad.

Agradezco a Jonny Marchan, quien es una fuente de apoyo en el desarrollo de mi vida, de mis ideas y proyectos.

ÍNDICE

CERTIFICADO DEL DIRECTOR.....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I	
ASPECTOS GENERALES	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Importancia.....	5
1.5 Ubicación del área de estudio.....	6
1.6 Objetivos	7
1.6.1 Objetivo General	7
1.6.2 Objetivos Específicos	8
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO	
2.1 Fundamentación Teórica	9
2.1.1 Calidad de Datos Geográficos	9
2.1.2 Protocolo de Fiscalización para Proyectos de Generación de Cartografía Base con fines Catastrales Escala 1:1000-IGM.....	11
2.1.3 Norma NTE-INEN-ISO-2859-1:2009.....	12
2.1.4 Norma UNE-EN ISO 19157:2014.....	15
2.2 Fundamentación Conceptual	17
2.2.1 Universo de discurso	17
2.2.2 Muestreo.....	18
2.2.3 Evaluación de Calidad de Datos Geográficos	21

2.2.4	Consistencia Lógica	22
2.2.5	Exactitud Posicional	24
2.2.6	Compleción	29
2.2.7	Exactitud Temática.....	30
2.2.8	Reporte de Errores.....	31
2.2.9	Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) de Saaty.....	33
2.3	Base Legal	35
2.4	Cuadro de operacionalización de variables	36

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1	Identificación del universo de discurso	38
3.1.1	Descripción de las especificaciones del producto	38
3.2	Verificación de la Consistencia Lógica	39
3.2.1	Consistencia Lógica de Formato	40
3.2.2	Consistencia Lógica Conceptual	43
3.2.3	Consistencia Lógica de Dominio.....	55
3.2.4	Consistencia Lógica Topológica	60
3.3	Plan de Muestreo	65
3.3.1	Definición de la población.....	66
3.3.2	Selección de la muestra	68
3.4	Obtención de la Exactitud Posicional.....	73
3.4.1	Planificación del Trabajo de Campo	73
3.4.2	Obtención de los datos	76
3.4.3	Aplicación del Test NSSDA.....	77
3.5	Verificación de Compleción.....	78
3.5.1	Identificación de Comisiones	80
3.5.2	Identificación de Omisiones	81
3.6	Determinación de Exactitud Temática	82
3.6.1	Corrección de la clasificación	82
3.6.2	Identificación de Malos Trazos	83
3.7	Cálculo de la Calidad Total de la Cartografía	84

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Reporte de Consistencia Lógica	90
4.1.1	Reporte de Consistencia de Formato	90

4.1.2	Reporte de Consistencia Conceptual y Dominio.....	93
4.1.3	Reporte de Consistencia Topológica.....	94
4.2	Reporte de Exactitud Posicional.....	96
4.3	Reporte de Compleción.....	100
4.4	Reporte de Exactitud Temática.....	103
4.5	Calidad Total de la Cartografía.....	104
4.6	Discusión de los resultados.....	108

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones.....	112
5.2	Recomendaciones.....	114
	Referencias Bibliográficas.....	116

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Códigos alfabéticos del tamaño de la Muestra	14
Tabla 2 Planes de muestreo simple para la inspección normal	15
Tabla 3 Valores de las Constantes <i>K</i>	29
Tabla 4 Reporte de conformidad de consistencia lógica conceptual	31
Tabla 5 Reporte de compleción según el objeto geográfico.....	32
Tabla 6 Conformidad de la compleción	32
Tabla 7 Conformidad de la exactitud temática	33
Tabla 8 Conformidad de la exactitud temática	34
Tabla 9 Operacionalización de variables.....	36
Tabla 10 Objetos con su geometría extraído del Catálogo de Objetos Escala 1:1000 del IGM	42
Tabla 11 Objetos con su geometría extraído del Catálogo de Objetos Escala 1:5000 del IGM	42
Tabla 12 Código y Definición de las Categorías dentro del Catálogo de Objetos	45
Tabla 13 Código y Definición de las Subcategorías dentro del Catálogo de Objetos	47
Tabla 14 Catálogo de Objetos Escala 1:1000 no oficializado del IGM.....	49
Tabla 15 Catálogo de Objetos 1:5000 del IGM	51
Tabla 16 Códigos de dominio dentro de cada objeto marcados como atributos.	55
Tabla 17 Tamaño de muestra a partir del tamaño de población ISO 19157	69
Tabla 18 Códigos alfabéticos del tamaño de la Muestra con una Población de 45	70
Tabla 19 Tamaño de muestra y cantidad de aceptación o rechazo.....	71
Tabla 20 Muestra seleccionada.....	71
Tabla 21 Especificaciones técnicas del equipo GPS Trimble R8S	76
Tabla 22 Aplicación del Test NSSDA muestra 1	78
Tabla 23 Ejemplo de cálculo de un resultado agregado de evaluación de calidad ISO 19157.....	85
Tabla 24 Matriz de comparación de pares (Consistencia Lógica).....	87
Tabla 25 Matriz de comparación de pares de parámetros de la Calidad de Datos.....	87
Tabla 26 Matriz Normalizada y Pesos de los Criterios de Consistencia Lógica	88
Tabla 27 Matriz Normalizada y Pesos de los parámetros de la Calidad de Datos.....	88
Tabla 28 Reporte de Conformidad de Consistencia de Formato	90
Tabla 29 Reporte de conformidad de Consistencia Conceptual y Dominio.....	93
Tabla 30 Reporte de conformidad de Consistencia Conceptual y Dominio.....	93
Tabla 31 Reporte de Consistencia Topológica según su objeto geográfico.....	94
Tabla 32 Reporte de Conformidad de Consistencia Topológica según su objeto geográfico.....	95
Tabla 33 Aplicación del Test NSSDA para la muestra 1	97
Tabla 34 Aplicación del Test NSSDA para la muestra 2.....	97
Tabla 35 Aplicación del Test NSSDA para la muestra 3.....	98
Tabla 36 Aplicación del Test NSSDA para la muestra 4.....	98
Tabla 37 Aplicación del Test NSSDA para la muestra 5.....	99
Tabla 38 Exactitud Posicional por cada hoja de muestra.....	99
Tabla 39 Reporte de Conformidad de Exactitud Posicional del Conjunto de Datos	100
Tabla 40 Número de objetos geográficos revisados por hoja de muestra	101
Tabla 41 Reporte de conformidad de Compleción	102
Tabla 42 Reporte de conformidad de Compleción del conjunto de datos	102
Tabla 43 Reporte de conformidad de Exactitud Temática	103
Tabla 44 Reporte de conformidad de Exactitud Temática del conjunto de datos	104
Tabla 45 Tabla unificada de los reportes de conformidad de cada parámetro de calidad.....	105
Tabla 46 Proporción definida como 1-ratio.....	106

Tabla 47 <i>Pesos de cada parámetro de la Calidad de Datos</i>	106
Tabla 48 <i>Calidad Total de la Cartografía Urbana del Cantón Pujilí</i>	107
Tabla 49 <i>Intervalos de Valoración Cartográfica</i>	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación del Cantón Pujilí	6
Figura 2 Mapa de ubicación de la Zona de Estudio	7
Figura 3 Proceso para la evaluación de calidad de datos	18
Figura 4 Estrategia de muestreo	19
Figura 5 Ejemplo de muestreo basado en áreas generadas.....	20
Figura 6 Ejemplo de errores topológicos	24
Figura 7 Distribución de los puntos de control	26
Figura 8 Base de datos de la cartografía del Cantón Pujilí.	41
Figura 9 Base de datos de la cartografía del Cantón Pujilí.	41
Figura 10 Inconsistencias dentro de la base de datos del Cantón.....	43
Figura 11 Modelo conceptual del catálogo de objetos	45
Figura 12 Estructura Conceptual de presentación de la geoinformación.	54
Figura 13 Valores de Dominio para el Código del Tipo Vivienda del Objeto Edificio.	57
Figura 14 Tabla de Atributos del Objeto Edificio (Polígono).....	58
Figura 15 Tabla de Atributos del Objeto Parque (Línea).....	59
Figura 16 Tabla de Atributos del Objeto Postes (Punto).....	59
Figura 17 Creación de una nueva Topología.....	60
Figura 18 Ventana de adición de reglas de nueva topología.....	61
Figura 19 Regla topológica Must not overlap	61
Figura 20 Regla topológica Must not intersect	62
Figura 21 Regla topológica Must not have dangles	62
Figura 22 Regla topológica Must not have pseudonodes.....	62
Figura 23 Regla topológica Must not self-overlap	63
Figura 24 Regla topológica Must not self-intersect	63
Figura 25 Regla topológica Must not overlap	64
Figura 26 Regla topológica Must not overlap with.....	64
Figura 27 Errores topológicos dentro del objeto geográfico curvas de nivel.....	65
Figura 28 Estrategia de Muestreo del Proyecto.....	66
Figura 29 Datos dentro de la herramienta Create Fishnet	67
Figura 30 Malla generada de 15' x 15'	67
Figura 31 Recuadros que contienen el área de estudio.....	68
Figura 32 FID de identificación de los recuadros de la población definida.....	72
Figura 33 Muestra seleccionada mediante el método aleatorio simple sin reposición.....	73
Figura 34 Distribución de los 20 puntos dentro de la hoja 2.....	74
Figura 35 Distribución de los puntos dentro de toda la muestra.	74
Figura 36 Método RTK.....	75
Figura 37 Puntos RTK.....	77
Figura 38 Tabla de atributos de la unión de las dos coordenadas	77
Figura 39 Objetos Geográficos dentro de la zona de muestreo.....	79
Figura 40 Errores dentro de la zona de muestreo.	79
Figura 41 Tabla de atributos con la descripción del tipo de error.	80
Figura 42 Errores de Comisión.	81
Figura 43 Errores de Omisión.	82
Figura 44 Error de mal clasificación de los objetos.	83
Figura 45 Error de mal trazo.	84
Figura 46 Jerarquía de Calidad de Datos.....	86

Figura 47 Pesos en la Jerarquía de Calidad de Datos.....89

RESUMEN

El desarrollo de la cartografía digital ha incrementado, tanto en su uso como en sus aplicaciones, dado a su importancia en la toma de decisiones sobre el terreno. Por lo tanto, el presente proyecto propone evaluar la calidad de datos geográficos a escala 1:1000 del Cantón Pujilí, a través de la norma ISO 19157 con el fin de confirmar la conformidad de cada uno de los elementos de la calidad: consistencia lógica, completión, exactitud temática y exactitud posicional. Las evaluaciones son realizadas dependiendo de cada elemento. Dentro del componente consistencia lógica se tiene cuatro parámetros a evaluar que son: formato, concepto, dominio y topología, la evaluación de estos elementos es al 100% de toda la cartografía, mientras que para las demás componentes de la calidad se puede realizar una muestra representativa para evaluarla. El muestreo se basa en la Norma ISO 2859-1, definiendo la población por áreas generadas y utilizando el muestreo probabilístico aleatorio simple, la evaluación de completión y exactitud temática dentro de cada muestra es completa. Para exactitud posicional se aplica el Test NSSDA, donde se obtienen 20 puntos bien distribuidos dentro de la cartografía y se los compara con una fuente de mayor precisión. La conformidad de cada parámetro se los representa en tablas en términos de “pasa/falla”, es decir, si cumple con los requerimientos “pasa” caso contrario “no”. La agregación de un resultado ponderado ayuda a comprender de mejor manera la calidad completa de la cartografía. Una buena definición del universo de discurso, es decir, la descripción detallada de cada cosa que se requiere dentro de la cartografía es fundamental para la evaluación de la calidad, puesto que cada parámetro evalúa diferentes aspectos dentro de la cartografía y si se los omite no entrarían dentro de la evaluación y la cartografía sería aceptada o no dependiendo el caso.

PALABRAS CLAVE:

- **CONSISTENCIA LÓGICA**
- **COMPLECIÓN**
- **EXACTITUD TEMÁTICA**
- **EXACTITUD POSICIONAL**

ABSTRACT

The development of digital cartography has increased, in its use and in its applications given its importance in making decisions on the ground. Therefore, this project proposes to evaluate the quality of geographical data at a scale of 1: 1000 of the Pujilí canton, through the ISO 19157 standard in order to confirm the elements of the quality conformity: logical consistency, completion, thematic accuracy and positional accuracy. The evaluations are made depending on each element. Within the logical consistency component there are four parameters to be evaluated: format, concept, domain and topology, the evaluation of these elements is 100% of all the cartography, while for the other components of the quality a sample can be made representative to evaluate it. Sampling is based on ISO 2859-1, defining the population by generated areas and using simple random probabilistic sampling, the completion and thematic accuracy assessment within each sample is complete. For positional accuracy, the NSSDA Test is applied, where 20 well-distributed points are obtained within the cartography and compared with a more accurate source. The conformity of each parameter is represented in tables in terms of "pass / fail", that is, if it meets the requirements "passes" otherwise "no". The aggregation of a weighted result helps to better understand the complete quality of the cartography. A good definition of the universe of discourse, ergo, the detailed description of each thing that is required within the cartography, is fundamental for the evaluation of quality, since each parameter evaluates different aspects within the cartography and if they are omitted they do not they would enter within the evaluation and the cartography would be accepted or not depending of the case.

KEY WORDS:

- **LOGICAL CONSISTENCY**
- **COMPLETION**
- **THEMATIC ACCURACY**
- **POSITIONAL ACCURACY**

CAPÍTULO I

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 Antecedentes

Actualmente, el desarrollo de cartografía en medios tecnológicos ha incrementado, y los usos y aplicaciones de estas tecnologías han permitido optimizar la elaboración de la información geográfica donde la calidad sigue siendo un tema de investigación (Cárdenas, 2013). La calidad de datos geográficos es una cuestión preocupante para los usuarios y sobre todo más para los productores; a consecuencia de esto, en los últimos años se han expuesto varias alternativas para evaluar la calidad de datos geográficos que utilizan en varios países del mundo (Ariza López, y otros, 2013). Estas alternativas han sido respuesta para diferentes necesidades en la obtención de calidad geográfica, compartidas internacionalmente por países como Canadá, Reino Unido, Francia y España, sobre todo en este último país como es el caso de Ariza et al. (2013) que presenta el libro de “Fundamentos de Evaluación de la Calidad de la Información Geográfica” (Cárdenas, 2013).

La calidad representa de cierta forma perfección tanto en la generación de información como en la utilización de la misma, por eso la calidad implica ser eficiente y eficaz en la realización de un producto, reduciendo costos y aumentando la rentabilidad; aunque la calidad sea una característica que influya y tenga un gran valor frente a otros

competidores, siempre será uno de los elementos más codiciados en los resultados de cada producto; por lo que, las organizaciones y sociedades gastarán grandes cantidades de recursos y esfuerzos para comprobar que lo que hacen está bien hecho (Niño, 2010).

Existen algunos estudios realizados para evaluar la calidad de datos geográficos, la mayoría se enfocan en un solo elemento de la calidad, que es la exactitud posicional, el cual consideran más relevante en comparación de los otros elementos (Atkinson Gordo, García Balboa, & Ariza López, 2001).

Debido a las diversas maneras que existen para evaluar la exactitud posicional, los autores Atkinson Gordo, García Balboa, & Ariza López, 2001, han realizado un estudio comparativo entre los diferentes métodos de evaluación de exactitud posicional, en el cual reflejan las ventajas y desventajas de la aplicación de cada método, concluyendo que, en cada uno precisa una fuente de mayor exactitud con la que se compara los datos a evaluar, y que debe obtenerse al menos 20 puntos de muestra, que debe ser lo suficiente mente grande para cumplir condiciones de normalidad y lo suficiente mente pequeña para minimizar costos de evaluación (Atkinson Gordo, García Balboa, & Ariza López, 2001).

Méndez Baillo & López Vázquez, 2010, realizaron la evaluación de la exactitud posicional de territorio Uruguayo utilizando el estándar internacional NSSDA en el cual concluye que el estándar no proporciona información de aceptación o rechazo de la información, por lo cual es necesario completar estas acciones con una norma que permita aprobar o no la información, ya que el estándar NSSDA solo indica un proceso de evaluación a través del error cuadrático medio, más no la aprobación del producto (Méndez Baillo & López Vázquez, 2010).

Un ejemplo de evaluación de todos los elementos de calidad es el estudio de López Calvache, 2014, en el cual describe a los elementos de la calidad evaluados según las normas ISO 19100; la completión, consistencia lógica, exactitud posicional y temática son los elementos que forman parte del producto cartográfico. En consecuencia, lleva a una profunda evaluación de cada uno de los elementos para la aceptación o rechazo de la información geográfica. A través de este estudio se puede apreciar que la ausencia o no de uno o más elementos influye en la realidad del terreno, las reglas conceptuales, topológicas, de domino y formato son esenciales para la interoperabilidad del producto y que las exactitudes posicional y temática, ayudan a tener una posición lo más cercana a la realidad de los objetos geográficos, entonces es necesario una evaluación completa de cada uno de los elementos en la cartografía (López, 2014).

1.2 Planteamiento del problema

La toma de decisiones frente al territorio, tienen una gran desventaja debido a la falta de información geográfica de calidad, lo cual, ha preocupado tanto a usuarios públicos como privados, así como también a organizaciones productoras de información geográfica. Por lo tanto, la carencia de evaluaciones de la calidad de datos geográficos ha provocado consecuencias que van desde una mala disposición en el territorio hasta repercusiones legales, económicas y/o ambientales (Ariza López, y otros, 2013).

1.3 Justificación

El creciente auge y utilización de la informática en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha facilitado el uso y análisis de datos espaciales dentro de muchas organizaciones en diferentes disciplinas (Ariza López, y otros, 2013). Los errores e inconsistencias de los datos en los mapas no eran tan evidentes antes de que se utilizaran computadoras para procesar, analizar y tomar decisiones basados en dicha información. Sin embargo, ahora el procesamiento digital a través de los SIGs se puede evidenciar las debilidades de los datos y la necesidad de documentar tanto la calidad de estos como la de los productos que se obtienen a partir de ellos (Gómora, 2015).

Con este punto de vista lo que se busca con este proyecto de investigación es evaluar la calidad de los datos geográficos escala 1:1000 del Cantón Pujilí, fiscalizado anteriormente por el ente regulador del país, con el fin de verificar la calidad de la información utilizada en el Cantón y la calidad de evaluación por parte de la fiscalización, siguiendo la norma internacional ISO 19157. Además, cabe mencionar que el proyecto se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible desarrollados por la ONU a través del PNUD, que son: “objetivo nueve: Industria, innovación e infraestructura” porque es parte del crecimiento y desarrollo de un país la generación de innovación en este caso, en el proceso de calidad para productos cartográficos; y “objetivo once: ciudades y comunidades sostenibles” porque a partir de una buena evaluación cartográfica las decisiones que se tomen a partir de ésta, asegurará la soberanía de las ciudades y comunidades (PNUD, 2015).

1.4 Importancia

Conocer la calidad de los datos geográficos es muy importante, ya que actualmente su uso se ha expandido, y existe varias empresas que emplean este tipo de información como: empresas de telecomunicaciones, empresas de logística y distribución, organismos públicos, entre otras (Atkinson Gordo, García Balboa, & Ariza López, 2001).

Además, que la calidad de futuros trabajos que se realicen a partir de la información geográfica, ayuda de gran manera a la toma de importantes decisiones y a mejores interpretaciones del espacio (Niño, 2010). Por ejemplo:

- Diseño de infraestructura y proyectos dentro del territorio
- Obras y construcciones dentro del territorio
- Financiaciones inmobiliarias
- Establecimiento de empresas
- Planificaciones municipales de vías, carreteras y rutas
- Planificaciones municipales de ocio (parque, lugares verdes, etc)
- Planificaciones municipales de turismo
- Planificación de riesgos y emergencias naturales
- Protección nacional frente amenazas y peligros
- Defensa civil frente a riesgos y emergencias
- Planificación forestal y agrícola

(Ariza López, y otros, 2013).

La importancia de obtener una información geográfica de calidad ayuda no solo a la hora de toma de decisiones, sino también, a diferentes campos de estudio que utilizan esta información (Ariza López, y otros, 2013).

1.5 Ubicación del área de estudio

El Cantón Pujilí se encuentra en la parte central de la provincia de Cotopaxi, tiene 7 parroquias de las cuales seis son rurales y una es urbana, la cabecera del Cantón se encuentra a 2.961 msnm. El Cantón Pujilí está limitado al Norte por los cantones Sigchos, Saquisilí y Latacunga, al Sur con el Cantón Salcedo y las provincias de Bolívar y Tungurahua, al Este con Latacunga, al Oeste con los cantones La Maná y Pangua como se indica en la Figura 1 (Falcón & Guanotasig, 2013).

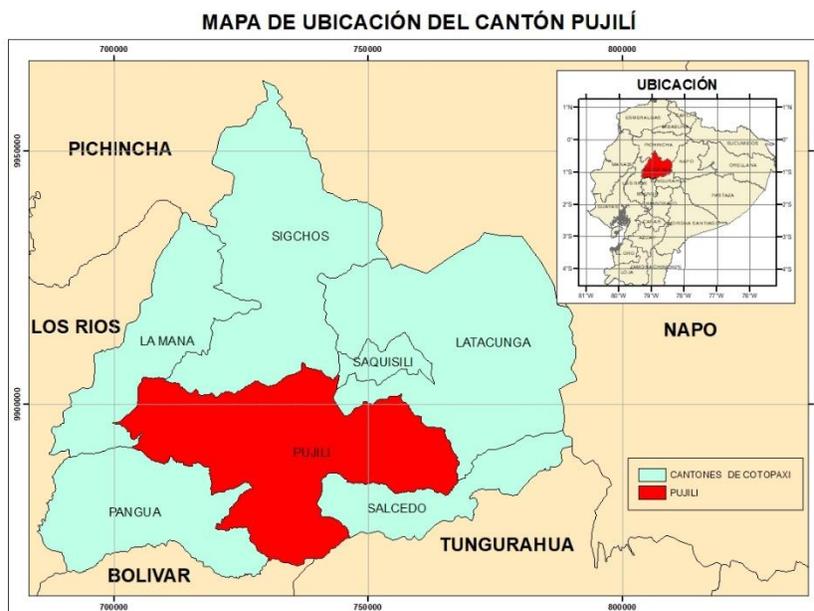


Figura 1 Mapa de ubicación del Cantón Pujilí

El proyecto se ubica en el área urbana del Cantón Pujilí que contiene las parroquias: Pujilí, que es la cabecera cantonal, y La Victoria (Figura 2), cubriendo un área de 945,09 has de zona urbana.



Figura 2 Mapa de ubicación de la Zona de Estudio

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Determinar la Calidad de la Cartografía escala 1:1000 del Cantón Pujilí, mediante la aplicación de normativas internacionales.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Definir el universo de discurso mediante las especificaciones del producto expuestas en los TDRs del GAD Municipal, obteniendo así los objetos geográficos para la evaluación de calidad.
- Verificar la consistencia lógica mediante la evaluación completa de todo el producto cartográfico, con el fin de ver la conformidad de los datos geográficos con respecto a la estructura interna descrita por sus especificaciones.
- Reportar la compleción de la cartografía mediante la verificación completa de las muestras seleccionadas dentro de la misma, identificando la presencia o no de objetos.
- Verificar la exactitud y corrección de la clasificación de los objetos geográficos, a través del universo de discurso definido para la verdad del terreno.
- Evaluar la exactitud posicional de los objetos geográficos mediante los métodos y procedimientos preestablecidos en las normas, con el fin de verificar por medio de un reporte, los objetos que están correctamente ubicados en el espacio geográfico.
- Analizar los resultados obtenidos de cada reporte con el fin de obtener la calidad total de toda la cartografía.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentación Teórica

2.1.1 Calidad de Datos Geográficos

Para comprender la calidad de datos geográficos, se debe tener muy claro que es la calidad, el concepto que ofrece la ISO 9000 sobre calidad es “el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos” (ISO 9000, 2015). Entonces, lo que se busca con este concepto, es satisfacer las necesidades del consumidor a través de especificaciones que ayuden a cumplir ciertos requerimientos (Castillo, Villanueva, & Posadas, 2006).

Sin embargo, la calidad no es algo que se pueda conseguir sola, ya que debe atender especificaciones exclusivas del producto, y a través de esto controlar, verificar y eliminar aspectos que no cumplan. Por lo tanto, la calidad debe desenvolverse dentro de un sistema que controle la aprobación o no del producto, este sistema es llamado también Sistema de Gestión de Calidad que pueden ser desarrollados de diferentes formas como: sistemas tipo ISO, sistemas simples o sistemas complejos (Ariza López, y otros, 2013).

Al hablar de una calidad adecuada para su fin, hay que tomar en cuenta dos consideraciones: un punto de vista general de la calidad y el producto; y las aspiraciones del cliente o usuario. El primero, se obtienen a través de los sistemas de gestión de calidad;

mientras el segundo punto de vista, se satisface a través del detalle que requiera el producto según su propósito (Ariza López, y otros, 2013).

El territorio siempre es cambiante, lo que conlleva a que las necesidades del usuario varíen, por ende, la información geográfica con el tiempo, se degrade y requiera un control de calidad constante. Con esta premisa, describir el proceso de la construcción y transformación de datos geográficos conlleva los siguientes pasos (Castillo, Villanueva, & Posadas, 2006):

- Descripción del mundo real
- Construcción de una Base de Datos Geográficos bajo especificaciones y premisas.
- Transformación de los datos bajo decisiones.
- Crear políticas, planificaciones y proyectos con importantes repercusiones sociales, ambientales y económicas.

La información geográfica corresponde a datos, por lo cual, se puede concluir que lo que define la calidad de la información geográfica son los mismos exigentes que para cualquier otro tipo de dato (Ariza López, y otros, 2013):

- Exactitud, la representación de los valores debe ser acertada, sin ambigüedades y de forma coherente
- Importancia, los datos deben ser de gran relevancia de acuerdo a su fin. La información sin valor no aporta al propósito de los datos.
- Compleción, los datos deben ser completos, sin comisiones ni omisiones.

- Conformidad, la información tiene que ser clara de fácil comprensión para su buen uso y análisis.
- Credibilidad, los datos deben tener la certeza de estar correctos, ya que la información que se crean a partir de ellos debe ser de confianza.

La evaluación de calidad de datos geográficos lo que busca es proporcionar un producto de acuerdo a las expectativas del consumidor dependiendo sus fines potenciales. Para los usuarios, un mapa requiere de ciertos aspectos importantes dentro de su contenido como los descritos anteriormente, por lo que la calidad de datos geográficos parte de directrices dentro de las normas técnicas creadas para tal propósito (Niño, 2010).

2.1.2 Protocolo de Fiscalización para Proyectos de Generación de Cartografía Base con fines Catastrales Escala 1:1000-IGM

Según la Ley de Cartografía Nacional del Ecuador descrito en el artículo 1, el Instituto Geográfico Militar (IGM) es el encargado de la organización, control y planificación de todas las actividades que se realicen de cartografía a nivel nacional; por ende, como complemento en el artículo 44, el encargado de fiscalizar y aprobar las cartografías del país (Asamblea Nacional, 1978).

Apoyado en la Ley el IGM creo el Protocolo de Fiscalización para Proyectos de Generación de Cartografía Base con fines Catastrales Escala 1:1000, en el que explica el proceso de evaluación de los datos cartográficos basado en dos etapas, la primera fase

evalúa lo que es la exactitud posicional, mientras que en la segunda fase evalúan la consistencia lógica, compleción y exactitud temática. (Instituto Geográfico Militar, 2017)

Para este proceso de evaluación se realiza un muestreo en base a la norma ISO 2859:1, nivel de inspección I con inspección reducida, partiendo de una grilla creada de 15' de latitud y longitud, utilizando muestreo simple; una vez obtenida la muestra pasan a las fases de evaluación, en las cuales las hojas escogidas que superan el 10% de errores se consideran rechazadas, y en el caso de que no superen serán aprobadas. La exactitud posicional se evalúa en base al Test internacional NSSDA (National Standard for Spatial Data Accuracy) y las demás componentes en base a una adaptación de la ISO 19157 (Instituto Geográfico Militar, 2017).

2.1.3 Norma NTE-INEN-ISO-2859-1:2009

La Norma ISO 2859 es una referencia para las normas internacionales en el aspecto de muestreo basado en un nivel de aceptación para la inspección por atributos, llamado también como Límite de Calidad Aceptable (LCA) (NTE INEN-ISO 2859-1, 2009). Esta norma tiene tres partes, la ISO 2859-1 la cual se aplica en inspecciones de series continuas de lotes, la ISO 2859-2 que se aplica en lotes aislados o individuales, y por último la ISO 2859-3 para procesos de muestreos por lotes salteados (NTE INEN-ISO 2859-1, 2009).

La norma internacional de muestreo ISO 2859-1:2009 tiene tres tipos de inspección: inspección normal, inspección estricta e inspección reducida (NTE INEN-ISO 2859-1, 2009).

Inspección normal, es aquella que con alta probabilidad permite dar a conocer la aceptación de un producto bajo un nivel de aceptación, tomando en cuenta que parte de no sospechar que el producto tiene un nivel alto o bajo de calidad aceptable; la norma recomienda que los trabajos deben partir de este nivel de inspección, salvo que el ente regulatorio diga lo contrario (NTE INEN-ISO 2859-1, 2009).

Inspección Estricta, parte de la premisa que el nivel aceptable de calidad es menor en las inspecciones de lotes consecutivos, por lo tanto, el criterio de aceptación es más estricto que el de la inspección normal. Para aplicar este método, la calidad de los productos en un determinado número de revisiones y entregas no es satisfactorio (NTE INEN-ISO 2859-1, 2009).

Inspección Reducida, en esta inspección se identifica que la calidad del producto es mejor que el límite aceptable de calidad basado en las revisiones o entregas satisfechas; pero si se encuentra un rechazo se vuelve a la inspección normal (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Para obtener el tamaño de muestra basado en cualquier tipo de inspección, se debe obtener la letra código de la tabla de niveles generales de inspección, Tabla1, que son independientes con respecto a las 3 severidades de inspección. Dentro de los niveles generales hay tres posibilidades, I, II y III, utilizados para casos de menor a mayor discriminación respectivamente. Los niveles especiales S-1, S-2, S-3 y S-4, se utilizan cuando se necesita tomar muestras relativamente pequeñas y puedan tolerar niveles mayores de riesgos de aceptación de productos defectuosos (NTE INEN-ISO 2859-1, 2009).

Tabla 1
Códigos alfabéticos del tamaño de la Muestra

Tamaño del lote		Niveles especiales de inspección				Niveles generales de inspección		
		S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2	a 8	A	A	A	A	A	A	B
9	a 15	A	A	A	A	A	B	C
16	a 25	A	A	B	B	B	C	D
26	a 50	A	B	B	C	C	D	E
51	a 90	B	B	C	C	C	E	F
91	a 150	B	B	C	D	D	F	G
151	a 280	B	C	D	E	E	G	H
281	a 500	B	C	D	E	F	H	J
501	a 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201	a 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201	a 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001	a 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001	a 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001	a 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 000 y más		D	E	H	K	N	Q	R

Fuente: (NTE INEN-ISO 2859-1, 2009)

Una vez obtenida la letra código se escoge la tabla de inspección normal perteneciente a la ISO 2859-1 (Tabla 2), esta tabla ayuda a tener un nivel neutro de aceptación del producto, puesto que no se sospecha que tiene una mejor o peor calidad (NTE INEN-ISO 2859-1, 2009).

Tabla 2
Planes de muestreo simple para la inspección normal

Letra código del tamaño de muestra	Tamaño de la muestra	Límite aceptable de calidad, AQL, en porcentaje de ítems no-conformes y no conformidades por 100 ítems (inspección normal)																												
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000			
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	
A	2																													
B	3																													
C	5																													
D	8																													
E	13																													
F	20																													
G	32																													
H	50																													
J	80																													
K	125																													
L	200																													
M	315																													
N	500																													
P	800																													
Q	1250																													
R	2000																													

Fuente: (NTE INEN-ISO 2859-1, 2009)

2.1.4 Norma UNE-EN ISO 19157:2014

Como se ha mencionado anteriormente, una de las particularidades más importantes de la calidad es acoplarse a especificaciones técnicas de una norma o un estándar definido. Por tanto, es importante saber todos los puntos de vista generales de esta área tan relacionada con la calidad (Gómora, 2015).

La norma es una documentación que define especificaciones de cumplimiento obligatorio; con esto, toda institución o empresa puede crear diferentes normas para su propia aplicación como un modelo de trabajo, ya que, es de vital importancia dentro de las organizaciones debido su gran interés sobre la calidad de sus productos (Ariza López, y otros, 2013).

Con el fin de tener información verdadera sobre la calidad de datos geográficos, fue creada la norma ISO 19157, que es la unión de las normas ISO 19113, 19114 e ISO/TS

19138; la cual, permite evaluar adecuadamente un conjunto de datos bajo los criterios establecidos en las especificaciones del propio producto y ayuda a los usuarios a determinar la capacidad de dicho producto para satisfacer los requerimientos de su aplicación particular (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Los resultados de los informes de calidad se deben expresar de forma comparable para que exista una mejor comprensión de las medidas de la calidad utilizadas, por lo tanto, la ISO 19157 normaliza los componentes de calidad de datos y las medidas que más se utilizan. La norma tiene en cuenta que la calidad de datos puede verse de perspectivas diferentes, tanto productor como usuario, por lo tanto, los niveles de conformidad del producto deben establecerse usando bien las especificaciones del mismo, para informar al productor y cumplir los requisitos del usuario que obtiene los datos (UNE-EN ISO 19157, 2014).

El objetivo de la norma internacional es ofrecer los principios para definir los componentes de la calidad de datos geográficos, describir los procesos generales de evaluación de cada componente de la calidad y dar un preámbulo para informar sobre la calidad de la información (López, 2014).

2.2 Fundamentación Conceptual

2.2.1 Universo de discurso

El universo de discurso se refiere a las especificaciones del mundo real, en el cual incluye todo aquello que es de interés; de forma más técnica, puede definirse como una descripción abstracta y general de la parte o sector del universo real que el contenido de la base de datos va a representar. En este primer punto, se está tratando con una descripción de la realidad, no con datos, y suele contener listas de tipos de entidades, de las relaciones existentes entre esas entidades y de las restricciones de integridad que se aplican sobre ellas; luego, con el esquema conceptual de la base de datos puede utilizarse para integrar los intereses de los diferentes usuarios, como herramienta de representación y de formación, así como para prever futuras modificaciones del sistema. Para la representación, lo más interesante es utilizar algún tipo de especificación formal en sentido matemático, lo que facilita la consistencia y los análisis lógicos de los esquemas propuestos. Del esquema conceptual formalizado pueden derivarse diferentes subesquemas conceptuales, que representan aquellas partes de interés para un usuario o grupo de usuarios finales y al final obtener un modelo físico de la información (Ruiz, 2000).

La producción de un conjunto de datos se puede dar para una aplicación específica o conjunto de aplicaciones, la calidad del conjunto de datos se evalúa a través del conocimiento de la misma, proporcionando una importante relación entre los creadores y los usuarios, quienes son capaces de evaluar la calidad del producto, en base a sus

especificaciones; y a los requerimientos del cliente como se muestra en la Figura 3 (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Es importante recalcar que las calidades reportadas con sus resultados son válidas tanto en base a los requerimientos del usuario o especificaciones del producto, si cambian es necesario repetir la evaluación con los nuevos requerimientos o especificaciones (UNE-EN ISO 19157, 2014).

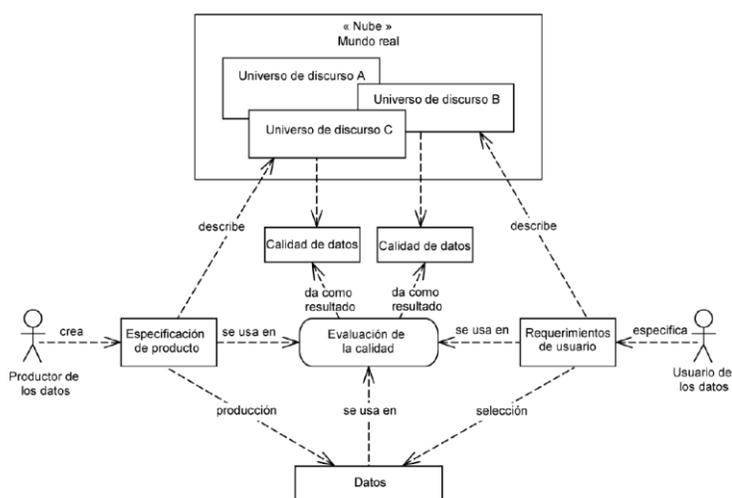


Figura 3 Proceso para la evaluación de calidad de datos
Fuente: (UNE-EN ISO 19157, 2014)

2.2.2 Muestreo

Al tener en cuenta que los datos geográficos tienen aspectos particulares, la norma UNE-EN ISO 19157 da indicaciones para definir las muestras y métodos de muestreo. Para tener una buena estrategia de muestreo se debe tener en consideración dos aspectos, la primera la definición de la población y, la segunda el procedimiento de muestreo como se muestra en la Figura 4 (UNE-EN ISO 19157, 2014).

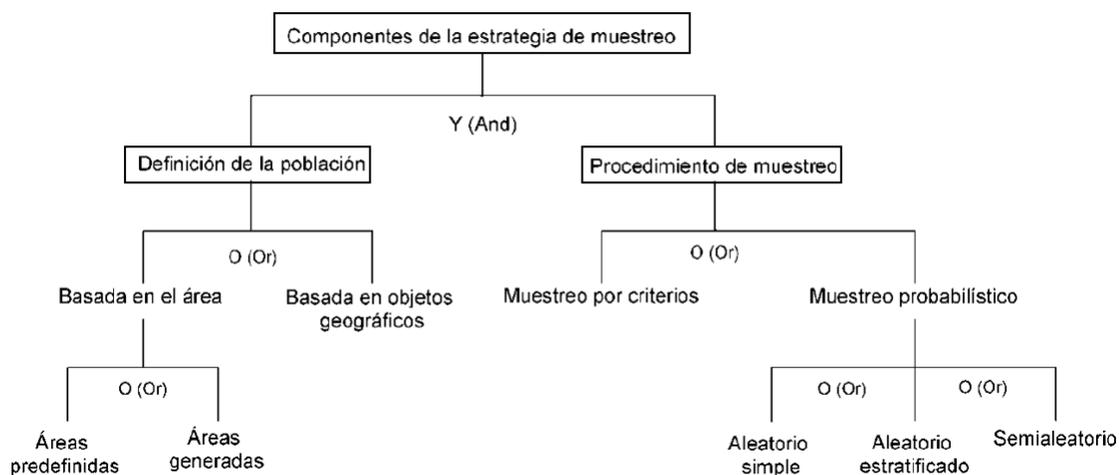


Figura 4 Estrategia de muestreo

Fuente: (UNE-EN ISO 19157, 2014)

2.2.2.1 Muestreo basado en áreas

Esta estrategia de muestreo se basa en consideraciones espaciales donde un área política o cualquier partición del universo de discurso puede ser el área a muestrear Figura 5, este tipo de muestreo se utiliza como la primera etapa, para que luego dentro de cada subárea, se realice un muestreo basado en objetos geográficos (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Es importante que toda el área esté cubierta, las muestras deberían escogerse de acuerdo a una secuencia regular o semiregular (UNE-EN ISO 19157, 2014).

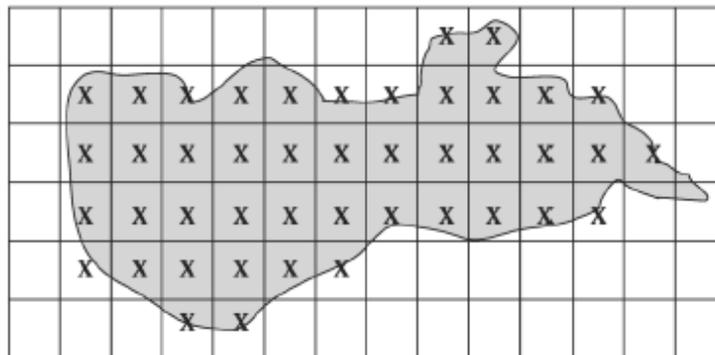


Figura 5 Ejemplo de muestreo basado en áreas generadas
Fuente: (UNE-EN ISO 19157, 2014)

2.2.2.2 Muestreo basado en objetos geográficos

Esta estrategia de muestreo se basa en la selección aleatoria de los atributos no espaciales de los objetos geográficos teniendo en cuenta características homogéneas de las muestras (UNE-EN ISO 19157, 2014).

2.2.2.3 Muestreo probabilístico

El muestreo probabilístico tiene como característica principal que en el conjunto de datos cada dato tiene una probabilidad conocida de ser seleccionado (Ariza López, y otros, 2013).

2.2.2.4 Muestreo aleatorio simple

Se basa en la selección aleatoria de las muestras, donde cada dato tiene la misma probabilidad de ser seleccionado, es muy útil para poblaciones con características relativamente homogéneas (Ariza López, y otros, 2013).

2.2.2.5 Muestreo aleatorio estratificado

Se basa en la construcción de estratos o subpoblaciones que tengan características homogéneas en cada estrato, y a partir de estos realizar un muestreo aleatorio simple (Ariza López, y otros, 2013).

2.2.2.6 Muestreo semialeatorio o sistemático

Se basa en la selección aleatoria de las muestras, a partir de una regla de selección de los datos, por ejemplo, la creación de una malla y a través de un patrón seleccionar las muestras (Ariza López, y otros, 2013).

2.2.3 Evaluación de Calidad de Datos Geográficos

Los datos geográficos están caracterizados por una posición en el espacio, por sus atributos y el tiempo en el que se encuentran, por lo tanto, permiten conocer una cierta realidad del terreno. Entonces, lo que se requiere de un dato geográfico es que sea lo más exacto posible para de esta forma tener la contestación de las preguntas de tipo qué, cómo, cuánto, dónde, etc., que son necesarias para un proceso de toma de decisiones (Ariza López, y otros, 2013).

Evaluar la calidad de un dato geográfico, no se puede describir en un índice único de calidad, ya que este implica muchas características sobre la verdad del terreno, que en consecuencia resulta necesario tener una cuantificación o cualificación de cada componente

de calidad, que vienen a ser los elementos de la calidad del dato geográfico descritos por ISO 19157, los cuales son: consistencia lógica, compleción, exactitud posicional y exactitud temática. Por lo tanto, la evaluación de la calidad de datos geográficos es el proceso que se le da al producto cartográfico con el fin de obtener un control continuo de la verdad en el terreno (Ariza López, y otros, 2013).

2.2.4 Consistencia Lógica

Es el nivel de adherencia a los reglamentos establecidos de la conformación de los datos; las no conformidades dentro de este paso serán ignoradas para las siguientes evaluaciones de componentes (López, 2014). Los que evalúa la consistencia lógica son las relaciones internas entre datos y como estos se adhieren a las reglas especificadas en los términos del producto, por ende, este es el único elemento de la calidad que puede evaluarse completamente sin el conocimiento de la verdad del terreno (UNE-EN ISO 19157, 2014).

2.2.4.1 Consistencia Lógica de Formato

La consistencia de formato se comprende como la conformidad que tienen los datos al ser almacenados de acuerdo a su estructura física, es decir, determina si el grupo de datos tiene el formato correcto de acuerdo a las especificaciones del producto. Por lo tanto, esta componente debería ser la primera en la evaluación de los parámetros de calidad (UNE-EN ISO 19157, 2014).

2.2.4.2 Consistencia Lógica Conceptual

La consistencia conceptual se basa en la incorporación de los datos a la información conceptual detallada en un modelo de referencia (catálogo de objetos) (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Normalmente, los esquemas conceptuales suelen incluir (UNE-EN ISO 19157, 2014):

- El nombre de las clases y subclases
- Los nombres de los objetos geográficos
- Los dominios de los atributos
- Conexiones topológicas entre objetos

Solo con la consistencia conceptual se podría cubrir la consistencia de dominio y topológica, si las características están dentro del modelo conceptual, o también se lo puede presentar por separado como consistencia de dominio y topológica (UNE-EN ISO 19157, 2014).

2.2.4.3 Consistencia Lógica de Dominio

La consistencia de dominio se define como la capacidad de adherencia que tienen los datos frente a sus valores de dominio. Normalmente, estos valores de dominios suelen estar descritos en el modelo conceptual, si los valores están dentro del esquema conceptual se lo puede reportar como parte de la consistencia conceptual o también separarlo como consistencia de dominio (UNE-EN ISO 19157, 2014).

2.2.4.4 Consistencia Lógica Topológica

La consistencia topológica ayuda a conocer las correcciones de cada característica topológica codificada explícitamente dentro del conjunto de datos, las relaciones topológicas suelen ser parte del esquema conceptual, por lo tanto, también se puede reportar los errores como consistencia conceptual, ejemplos de errores topológicos se muestran en la Figura 6 (UNE-EN ISO 19157, 2014).

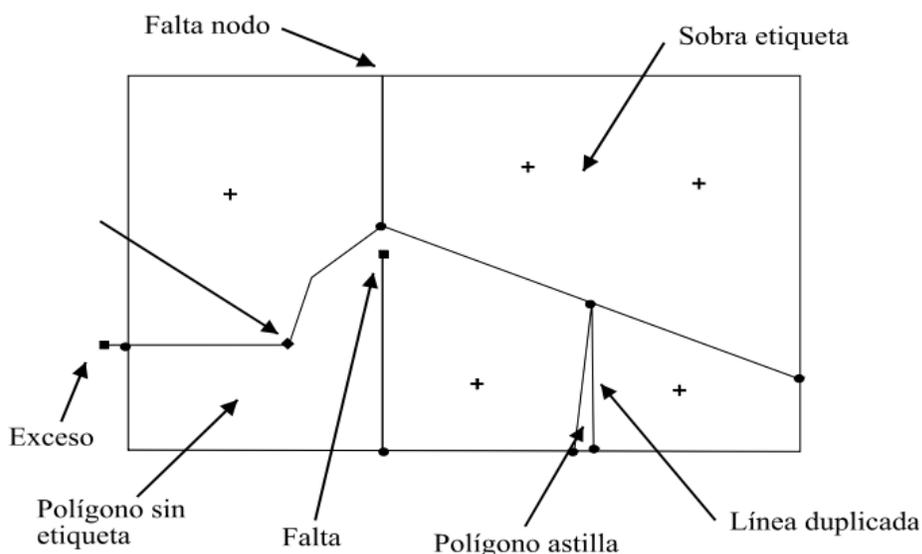


Figura 6 Ejemplo de errores topológicos

Fuente: (Ariza López, y otros, 2013)

2.2.5 Exactitud Posicional

Es definido como el grado de concordancia entre la posición de un objeto y su verdadera posición frente a un sistema de referencia espacial (Candela, 2016). Existen 3 tipos de calidad de exactitudes posicionales (UNE-EN ISO 19157, 2014):

2.2.5.1 Exactitud absoluta

Muestra el grado de proximidad de los valores obtenidos de las coordenadas frente a los valores verdaderos, la incertidumbre se determina con el error cuadrático medio (Candela, 2016).

2.2.5.2 Exactitud relativa

Aquí, la medida del grado de proximidad se evalúa entre las posiciones obtenidas frente a sus respectivas posiciones relativas que fueron aceptadas como verdaderas (Candela, 2016).

2.2.5.3 Exactitud posicional de datos en malla

La evaluación se realiza entre datos estructurados en malla considerados como verdaderos y los valores de posición obtenidos, obteniendo el grado de proximidad entre ellos (Candela, 2016).

2.2.5.4 Test NSSDA

El Estándar Nacional para la Exactitud de Datos Espaciales (NSSDA) implementa una estadística y pruebas metodología para estimar la exactitud posicional de puntos en mapas y en datos geoespaciales digitales, con respecto a las posiciones en el suelo georreferenciadas de mayor exactitud (FGDC, 1998). El test se aplica a mapas totalmente georreferenciados y datos geoespaciales digitales, ya

sea en ráster, o vectorial. Proporciona un lenguaje común para la precisión de los informes para facilitar la identificación de Datos espaciales para aplicaciones geográficas (FGDC, 1998).

El NSSDA usa la raíz del error cuadrático medio (RMSE por sus siglas en inglés) para estimar la exactitud posicional. RMSE es la raíz cuadrada de la media del conjunto de diferencias cuadradas entre los valores de coordenadas del conjunto de datos y los valores de coordenadas de una fuente independiente de mayor precisión para puntos idénticos (FGDC, 1998). Para este proceso se debe tomar un mínimo de 20 puntos de control, distribuidos para reflejar el área geográfica de interés y la distribución del error en el conjunto de datos Figura 7. Cuando se prueban 20 puntos, el nivel de confianza del 95% permite que un punto no supere el umbral dado en las especificaciones del producto (FGDC, 1998).

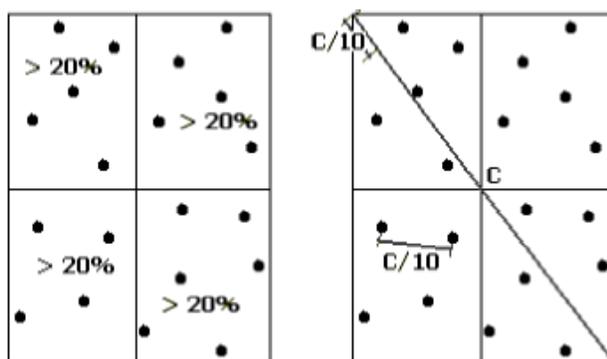


Figura 7 Distribución de los puntos de control

Fuente: (Ariza López, y otros, 2013)

Para el cálculo de la exactitud horizontal se debe tomar en cuenta (FGDC, 1998):

$$RMSE_x = \text{sqrt} \left[\sum (x_{data,i} - x_{check,i})^2 / n \right]$$

$$RMSE_y = \text{sqr}t \left[\sum (y_{data,i} - y_{check,i})^2 / n \right]$$

Donde,

$x_{data,i}$, $y_{data,i}$ son las coordenadas de los puntos del conjunto de datos a evaluar

$x_{check,i}$, $y_{check,i}$ son las coordenadas de los puntos de una fuente independiente de mayor precisión

n número de puntos a evaluar

i entero de 1 a n

Entonces, el error horizontal de un punto i es definido como:

$$\text{sqr}t[(x_{data,i} - x_{check,i})^2 + (y_{data,i} - y_{check,i})^2]$$

Por lo que el RMSE Horizontal es:

$$RMSE_r = \text{sqr}t \left[\sum ((x_{data,i} - x_{check,i})^2 + (y_{data,i} - y_{check,i})^2) / n \right]$$

$$RMSE_r = \text{sqr}t[RMSE_x^2 + RMSE_y^2]$$

Caso 1: Cálculo de la exactitud horizontal $RMSE_x = RMSE_y$

Si $RMSE_x = RMSE_y$

$$RMSE_r = \text{sqr}t[RMSE_x^2 + RMSE_y^2]$$

$$RMSE_r = \text{sqr}t[2 * RMSE_x^2]$$

$$RMSE_r = 1.4142 * RMSE_x$$

Es asumido que los errores sistemáticos se han eliminado lo mejor posible. Si el error es normalmente distribuido e independiente, el factor 2.4477 (Greenwalt & Schultz, 1962) se utiliza para el cálculo de la exactitud horizontal a un 95% de nivel de confianza (FGDC, 1998).

$$Exactitud_r = 2.4477 * RMSE_x$$

$$Exactitud_r = 2.4477 * \frac{RMSE_r}{1.4142}$$

$$Exactitud_r = 1.7308 * RMSE_r$$

Caso 2: Cálculo de la exactitud horizontal $RMSE_x \neq RMSE_y$

Si la división entre $RMSE_{mín}/RMSE_{máx}$ se encuentra entre 0,6 - 1 se utiliza $\sim 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y)$, por lo tanto, la exactitud horizontal se calcula de la siguiente manera al 95 % de nivel de confianza (FGDC, 1998):

$$Exactitud_r = 2.4477 * 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y)$$

Para un nivel de confianza del 90% , la exactitud horizontal se calcula de la siguiente manera (FGDC, 1998):

$$Exactitud_r = 2.1460 * 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y)$$

Los valores de las constantes para el cálculo de la exactitud posicional fueron obtenidos bajo algunos procesos realizados por Greenwalt & Schultz, 1962 obteniendo la siguiente fórmula que sigue una Distribución Exponencial:

$$P_{(x,y)} = 1 - e^{-\frac{K^2}{2}}$$

Donde,

$P_{(x,y)}$ es la probabilidad

K es la constante

Dependiendo el porcentaje de probabilidad se obtiene la constante o viceversa como se muestra en la Tabla 3 (Greenwalt & Schultz, 1962).

Tabla 3
Valores de las Constantes K

Probabilidad	K
39.35%	1.0000
50.00%	1.1774
63.21%	1.4142
90.00%	2.1460
95.00%	2.4477
99.00%	3.5000

Fuente: (Greenwalt & Schultz, 1962)

2.2.6 Compleción

Está definida como la ausencia o presencia de los objetos geográficos dentro del universo de discurso o conjunto de datos (UNE-EN ISO 19157, 2014).

2.2.6.1 Omisión

La omisión es considerada como la falta de datos dentro de un conjunto de datos (UNE-EN ISO 19157, 2014).

2.2.6.2 Comisión

La comisión se define como el exceso de datos en el conjunto de datos (UNE-EN ISO 19157, 2014).

2.2.7 Exactitud Temática

Representa el grado de conformidad de los valores de cada elemento de la base de datos frente a su verdadera característica expuesta en el mundo real, con la clasificación correcta de los objetos conforme a la especificación del producto. (UNE-EN ISO 19157, 2014)

2.2.7.1 Clasificación de Objetos Geográficos

La corrección de la clasificación es una comparación entre los tipos o clases que se le asigna a un objeto geográfico o a sus atributos frente al grupo de datos de referencia o la verdad del terreno, también definido por el universo de discurso (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Las clasificaciones que no se encuentren definidas dentro de las especificaciones del conjunto de datos no deben considerarse como correcciones de

clasificación de objetos, sino como consistencia de dominio (UNE-EN ISO 19157, 2014).

2.2.7.2 *Mal Trazo*

La mala digitalización de un objeto, es considerado un error de exactitud temática más que de topología, por eso hay que tener en claro que es digitalización. La digitalización es un proceso mediante el cual, algo real es pasado a datos digitales para que pueda ser manejado por una computadora, modelándolo, modificándolo, y aprovechándolo para otros propósitos distintos de su cometido o función originales (Espíndola & González, 2014). Por lo tanto, un mal posicionamiento del objeto podría provocar una mala digitalización, es decir, si no está exactamente en el puesto, el objeto será mal trazado (Instituto Geográfico Militar, 2017).

2.2.8 Reporte de Errores

Los reportes de errores se deben presentar según la ISO 19157 de la siguiente manera. Para errores de consistencia lógica, se debe ver el conjunto completo de los objetos, según su formato, esquema conceptual y dominio (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Tabla 4

Reporte de conformidad de consistencia lógica conceptual

Ámbito	Elemento de calidad	Requisitos de calidad de datos	Número de evaluaciones	Recuentos si/no	Pasa
Conjunto de datos	Consistencia conceptual	1) Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los tipos de objeto geográfico y atributos definidos en el esquema de aplicación	1 (no se detectan errores)	1/0	Si

Fuente: (UNE-EN ISO 19157, 2014)

La Consistencia topológica y la Compleción serán reportados de la misma manera como indica la Tabla 5 y Tabla 6 según la Norma ISO 19157 (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Tabla 5

Reporte de completión según el objeto geográfico

Clase de objeto geográfico	Número de instancias en el universo de discurso	Recuento de comisiones	Porcentaje de comisión ^a	Recuento de Omisiones	Porcentaje de omisión ^b
Camino	7	1	14	3	43
Carretera	5	2	40	0	0
Árbol	25	3	12	2	8
Edificio industrial	4	0	0	2	50
Casa	10	1	10	1	10

^a Porcentaje de comisión = número de ítems incluidos / número de ítems en el universo de discurso × 100
^b Porcentaje de omisión = número de ítems omitidos / número de ítems en el universo de discurso × 100

Fuente: (UNE-EN ISO 19157, 2014)

Tabla 6

Conformidad de la completión

Identificador de la evaluación	Elemento de calidad	Medida e identificador de la medida	Tipo de objeto geográfico	Número de aceptación	LCA	Recuento de errores	Población	Pasa
1	Comisión	Ítem excedente (1)	Camino	3	2	1	7	Si
2	Omisión	Ítem omitido (5)	Camino	2	2	3	7	No
3	Comisión	Ítem en exceso (1)	Carretera	3	2	2	5	Si
4	Omisión	Ítem omitido (5)	Carretera	2	2	0	5	Si
5	Comisión	Ítem excedente (1)	Árbol	9	10%	3	25	No
6	Omisión	Ítem omitido (5)	Árbol	8	10%	2	25	Si
7	Comisión	Ítem excedente (1)	Edificio Industrial	6	2	0	4	Si
8	Omisión	Ítem omitido (5)	Edificio industrial	5	2	2	4	Si
9	Comisión	Ítem excedente (1)	Casa	6	2	1	10	Si
10	Omisión	Ítem omitido (5)	Casa	5	2	1	10	Si

Fuente: (UNE-EN ISO 19157, 2014)

El reporte para la exactitud temática se muestra en la Tabla 7, donde se expresa los errores encontrados dentro de la cartografía.

Tabla 7
Conformidad de la exactitud temática

Evaluación	Elemento de calidad	Medida	Tipo de objeto geográfico	Número de aceptación	LCA	Recuento de confusiones	Pasa
11	Corrección de la clasificación temática	Número de objetos geográficos clasificados incorrectamente	Camino	4	2	2	Si
12	Corrección de la clasificación temática	Número de objetos geográficos clasificados incorrectamente	Carretera	4	2	0	Si
13	Corrección de la clasificación temática	Número de objetos geográficos clasificados incorrectamente	Edificio Industrial	7	2	1	Si
14	Corrección de la clasificación temática	Número de objetos geográficos clasificados incorrectamente	Casa	7	2	0	Si
15	Corrección de la clasificación temática	Número de objetos geográficos clasificados incorrectamente	Árbol	11	0	0	Si

Fuente: (UNE-EN ISO 19157, 2014)

2.2.9 Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) de Saaty

Es un método matemático creado a finales de los años 60 por Thomas Saaty, que sirve para evaluar alternativas cuando se tienen en consideración varios criterios, y está basado en el principio de la experiencia y el conocimiento de los actores, ya que son tan importantes como los datos utilizados en el proceso. El AHP utiliza comparaciones entre pares de elementos, construyendo matrices a partir de estas comparaciones, y usando elementos del álgebra matricial para establecer prioridades entre los elementos de un nivel, con respecto a un elemento del nivel inmediatamente superior (Saaty, 2008).

Las comparaciones pareadas son bases fundamentales del AHP, el cual, utiliza una escala subyacente con valores de 1 a 9 para calificar las preferencias relativas de los dos elementos (Tabla 8) (Saaty, 2008).

Tabla 8
Conformidad de la exactitud temática

Escala	Definición	Explicación
1	Igualmente preferida	Los dos criterios contribuyen igual al objetivo
3	Moderadamente preferida	La experiencia y el juicio favorecen un poco a un criterio frente al otro
5	Fuertemente preferida	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un criterio frente al otro
7	Muy fuertemente preferida	Un criterio es favorecido muy fuertemente sobre el otro. En la práctica se puede demostrar su dominio
9	Extremadamente preferida	la evidencia favorece en la más alta medida a un factor frente al otro

Fuente: (Saaty, 2008)

Los valores 2, 4, 6 y 8 se utilizan cuando no se puede definir con claridad la preferencia entre los factores, por lo tanto, son valores intermedios de preferencia (Saaty, 2008).

Sea una matriz A de nxn donde a_{ij} es el elemento (i, j) de A, para $i=1,2,\dots,n$, y, $j=1,2,\dots,n$, cuando $i=j$, el valor de a_{ij} será igual a 1, también los valores dentro de la matriz cumplen $a_{ij} * a_{ji} = 1$, es decir:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Axioma de recíprocos: Si frente a un criterio, una alternativa a_{ij} es n veces mejor que a_{ji} , entonces a_{ji} es 1/n veces mejor que a_{ij} . Este principio es utilizado en el análisis matricial que se realiza a los criterios y las alternativas. Garantiza que el análisis se haga de manera bidireccional (Saaty, 2008).

Axioma de homogeneidad: Los elementos que son comparados no deben diferir en mucho en cuanto a la característica de comparación establecida (Saaty, 2008).

Axioma de la síntesis: Los juicios acerca de las prioridades de los elementos en una jerarquía no dependen de los elementos del nivel más bajo. Este axioma es rebatible y en algunos análisis no se aplica puesto que puede ser posible que exista dependencia de la importancia de un objetivo con el nivel más bajo (Saaty, 2008).

2.3 Base Legal

La Constitución de la República en el artículo 264 numeral 9 establece que corresponde a los Gobiernos Municipales como competencia exclusiva: “Formar y administrar los catastros inmobiliarios urbanos y rurales” (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

El artículo 55 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización establece que son competencias exclusivas de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, “Elaborar y administrar los catastros inmobiliarios urbanos y rurales” (COOTAD, 2010).

En la Ley de Cartografía Nacional en el Título I, Capítulo I referente a la Misión del Instituto Geográfico Militar, en el artículo 1, describe que el Instituto Geográfico Militar, en su competencia y responsabilidad de entidad de derecho público, con sede en la ciudad de Quito tiene a su cargo: “ la planificación, organización, dirección, coordinación, ejecución, aprobación, y control de las actividades encaminadas a la elaboración de la Cartografía Nacional y del Archivo de Datos Geográficos y Cartográficos del País” (Asamblea Nacional, 1978).

En el Título IV, Capítulo I, dentro de la Ley de cartografía, el artículo 44 acerca de la supervisión, establece que el Instituto Geográfico Militar es el encargado de la supervisión, fiscalización y aprobación de los trabajos cartográficos (Asamblea Nacional, 1978).

2.4 Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 9
Operacionalización de variables

Tipo	Nombre	Descripción	Subtipo	Unidades	Metodología de Observación	Fuente
Variable Independiente	Coordenadas X, Y de alta precisión	Son coordenadas planas que surgen a partir de un sistema de referencia obtenidas por equipos que sirven para asignar la ubicación geográfica de un objeto del mundo real (ESRI, 2018).	Cuantitativa Continua	Metro	Se obtiene a partir de GNSS de alta precisión.	Autor
Variable Independiente	Coordenadas X, Y de la cartografía	Son coordenadas planas que surgen a partir de un sistema de referencia representadas en un mapa físico o digital que sirven para asignar la ubicación geográfica de un objeto del mundo real (ESRI, 2018).	Cuantitativa Continua	Metro	Se obtiene a partir de la cartografía digital.	Cartografía

Continúa

Variable Dependiente	RMSE	Raíz del Error Cuadrático Medio es aquel mide la cantidad de error que hay entre dos conjuntos de datos. En otras palabras, compara un valor predicho y un valor observado o conocido. (Chai, 2014)	Cuantitativa Continua	Metro	Se determinó empleando fórmulas matemáticas.	NSSDA
Variable Dependiente	Exactitud Posicional	Es la proximidad de una observación de la posición de los objetos geográficos con respecto a su posición verdadera dentro de un sistema de referencia (UNE-EN ISO 19157, 2014).	Cuantitativa Continua	Metro	Se obtiene a través de fórmulas	NSSDA
Variable Independiente	Consistencia Lógica	Grado de acoplamiento a las reglas lógicas estipuladas de los atributos, datos y relaciones geográficas ya sea de forma conceptual, de dominio, de formato y/o topológica (UNE-EN ISO 19157, 2014).	Cuantitativa Discreta	Adimensional	Seguindo la norma se obtiene el resultado.	UNE-EN ISO 19157:2014
Variable Independiente	Compleción	Esta se refiere por la ausencia y/o presencia de los atributos, objetos y relaciones geográficas (UNE-EN ISO 19157, 2014).	Cuantitativa Discreta	Adimensional	Se obtendrá siguiendo la norma.	UNE-EN ISO 19157:2014
Variable Independiente	Exactitud Temática	La exactitud temática corresponde a la exactitud de los valores de los atributos de la cartografía con sus respectivas posiciones verdaderas, incluyendo la corrección de la clasificación de los objetos geográficos (UNE-EN ISO 19157, 2014).	Cuantitativa Discreta	Adimensional	Se obtendrá siguiendo la norma.	UNE-EN ISO 19157:2014

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Identificación del universo de discurso

En este punto, primero se parte de la delimitación del lugar de estudio y junto con las especificaciones del producto, se obtiene el universo de discurso (Ruiz, 2000).

Una vez identificada la zona de estudio dentro de la zona urbana del Cantón Pujilí, se debe revisar los términos de referencia ya que a partir de ellos se define el universo de discurso, por ende, la identificación de la información que se va a evaluar (Ruiz, 2000).

3.1.1 Descripción de las especificaciones del producto

Los Términos de Referencia son los que ayudan a este proceso de identificación, ya que está definido como un documento que proporciona la información requerida y detalla sobre los servicios que se va a contratar, para mejorar su sistema de organización, finanzas, producción o simplemente administración en general. Recordando que debe estar bien elaborado para tener un buen resultado (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2014).

Basándose en los Términos de Referencia del producto, estipulados y acordados por el Cantón Pujilí; el trabajo realizado debe presentar en la edición y estructuración cartográfica una geodatabase relacional, apta para el manejo en software, donde las capas deberán corresponder a (GAD Municipal del Cantón Pujilí, 2016):

- Límite de manzanas
- Límite de Predios
- Límite de construcciones
- Límite de bloques (propiedad horizontal)

La ortofoto que contiene completamente la zona urbana del Cantón Pujilí debe tener un GSD = 10 cm, es decir, que cada pixel mide 10 centímetros del terreno. Esta fotografía fue producida por el Instituto Geográfico Militar, que por medio del Informe de Fiscalización Fase II de la Cartografía del Cantón, menciona dicha afirmación (Anexo 2).

Hay que recalcar que, para el levantamiento con fines cartográficos, la Municipalidad requiere contar con información cartográfica y geográfica con una cobertura urbana de 945 Ha a escala 1:1.000. Toda la producción de cartografía base se sujetará a las normas técnicas ecuatorianas relacionadas con el ámbito geográfico, acorde, a los parámetros internacionales y concordantes con la Ley de Cartografía Nacional y su Reglamento (GAD Municipal del Cantón Pujilí, 2016).

3.2 Verificación de la Consistencia Lógica

Basado en la norma UNE-EN ISO 19157, el primer paso de evaluación que se debe realizar al 100% es la consistencia lógica, ya que el modelo de datos que se presenta para la evaluación debe cumplir estrictamente con el formato, el modelo conceptual, los valores de dominio y las reglas topológicas establecidas por el ente regulador (UNE-EN ISO 19157, 2014).

3.2.1 Consistencia Lógica de Formato

La norma ISO 19157 no estipula ningún formato en general, solo menciona que el formato que debe tener los datos deben ser interoperables y compatibles, aunque también estipula que el ente regulador de cada nación debe establecer el formato en el cual deben trabajar (UNE-EN ISO 19157, 2014).

El Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE) a través de la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), estableció un documento técnico para exponer los Lineamientos para la Implementación del Catálogo de Objetos Institucionales, donde menciona que el formato en el que se debe presentar las cartografías, de forma estructurada y organizada, es a través de una **base de datos** relacional con formato vectorial (SENPLADES, 2016).

Basándose en el formato en que debe presentar, cada objeto geográfico representa diferentes geometrías en el terreno, por lo tanto, la base para la identificación de la geometría de cada objeto es el catálogo de objetos del IGM no oficializado Escala 1:1000 y el catálogo de objetos oficial Escala 1:5000 como se observa en la Tabla 5. En donde, cada objeto de formato vectorial se puede representar como un punto, línea o polígono (Fallas, 2010).

Con el concepto anterior se puede verificar en la base de datos, si cumplen con esas tres características de formato vectorial, la cual se presenta en la Figura 8.



Figura 8 Base de datos de la cartografía del Cantón Pujilí.

Fuente: GAD Municipal Pujilí

Una vez pasado la verificación parcial del formato completo de la cartografía, se procede a la verificación de los objetos que pertenecen a cada geometría, para esto se utiliza tanto el catálogo de objetos escala 1:1000 como el catálogo de objetos 1:5000, debido a que el catálogo 1:1000 no contiene todos los objetos que se pueden representar a esa escala, se complementa con el catálogo de objetos 1:5000 (DGIWG, 2000).

Con ayuda de los catálogos de objetos, se verifica que cada objeto que se encuentra dentro de la base de datos (Figura 9), pertenezca a su geometría y su nombre (Tabla 10 y Tabla 11), caso contrario se debe reportarlo (UNE-EN ISO 19157, 2014).



Figura 9 Base de datos de la cartografía del Cantón Pujilí.

Fuente: GAD Municipal Pujilí

Tabla 10*Objetos con su geometría extraído del Catálogo de Objetos Escala 1:1000 del IGM*

COD	OBJETO	GEOMETRÍA
BH030	Acequia	Línea / Polígono
BH010	Acueducto /Canal	Línea / Polígono
AQ065	Alcantarilla	Punto/ polígono
AQ036	Bordillo	Línea
AK040	Cancha o campo deportivo	Polígono
AL070	Cerca	Línea
EA020	Cerca viva	Línea
CA010	Curva de Nivel	Línea
AL015	Edificio	Polígono
AQ150	Escalinata	Línea / Polígono
AK122	Espacio verde	Polígono
AL014	Estructura	Polígono
AL130	Monumento	Punto / Línea / Polígono
AL260	Muro	Línea / Polígono
AK120	Parque	Polígono
AP034	Parterre	Línea/ polígono
GB040	Plataforma de lanzamiento	Polígono
GB040	Plataforma de lanzamiento	Polígono
BD110	Plataforma marítima	Polígono
AE005	Poste	Punto
AL110	Poste para iluminación	Punto
AQ152	Puente Peatonal	Polígono
AQ045	Puente vehicular colgante	Polígono
AQ040	Puente vehicular con soporte	Polígono
CA030	Punto Acotado o de Cota	Punto
BH140	Río	Línea / Polígono
AM070	Tanque de almacenamiento	Punto / Polígono
AC030	Tanque de Decantación	Polígono
AL240	Torre	Punto / Polígono
AP030	Vía/ ruta	Polígono
AL013	Vivienda	polígono

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2016)

Tabla 11*Objetos con su geometría extraído del Catálogo de Objetos Escala 1:5000 del IGM*

COD	OBJETO	GEOMETRÍA
BH030	Acequia	Línea / Polígono
BH010	Acueducto o Canal	Línea / Polígono
AQ065	Alcantarilla	Línea
AK040	Cancha	Polígono
CA010	Curva de Nivel	Línea
AL015	Edificio	Punto / Polígono
AL014	Estructura no Construida	Polígono
AL130	Monumento	Punto / Línea / Polígono
AL260	Muro	Línea / Polígono
AK120	Parque	Polígono
AP034	Parterre	Línea / Polígono
AK170	Piscina	Polígono
BD110	Plataforma marina	Polígono
CA030	Punto Acotado/de Cota	Punto
BH140	Río	Línea / Polígono
AM070	Tanque de Almacenamiento	Punto / Polígono
AC030	Tanque de Decantación	Polígono
AL241	Torre	Punto / Polígono
AP030	Vía o Ruta	Línea / Polígono

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2016)

Al buscar los objetos de la base de datos dentro de los catálogos de objetos, se encontraron inconsistencia dentro del mismo, como elementos repetidos y objetos que no pertenecen a los catálogos, estos objetos se los puede observar en la Figura 10 subrayados de color rojo los objetos que no se encuentran dentro del catálogo de objetos o tienen mal definida su geometría, mientras que los de morado son objetos que tienen nombres incompletos. Los errores que no se encuentran dentro del catálogo de objetos deben ser reportados como errores de clasificación de objetos dentro del parámetro de exactitud temática y eliminarlos para las siguientes evaluaciones (UNE-EN ISO 19157, 2014).

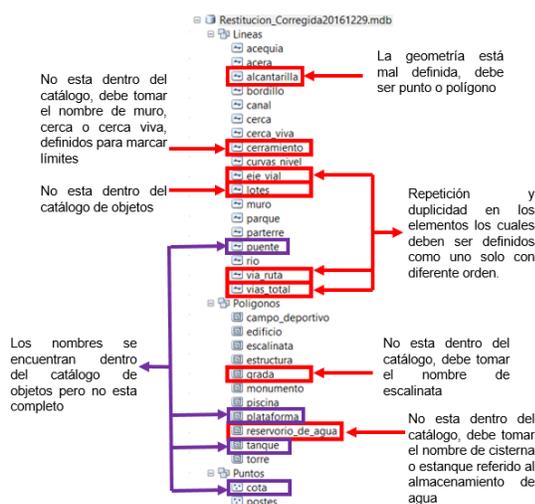


Figura 10 Inconsistencias dentro de la base de datos del Cantón.

3.2.2 Consistencia Lógica Conceptual

Según la UNE EN- ISO 19157 (2014), los datos geográficos deben regirse a un modelo conceptual el cual atribuya con características pertenecientes a los objetos que representan en el mundo real. Por lo tanto, el Registro de Datos de Características y

Atributos (FAD) del Grupo de Trabajo de Información de la Defensa Geoespacial (DGIWG, por sus siglas en inglés) contiene registros de los conceptos de información geográfica utilizados para caracterizar aspectos de los fenómenos del mundo real para diferentes comunidades de información. En particular, las características geográficas son fenómenos del mundo real asociados con una ubicación relativa a la superficie de la tierra, sobre los cuales se recopilan, mantienen y difunden los datos (DGIWG, 2000).

Cada registro establece un Diccionario de datos de características que especifica conjuntos independientes de características y atributos que se pueden usar para describir información geográfica, estableciendo el universo de todos los conceptos de características y conceptos de atributos (incluidos los conceptos de valores listados de tipos de datos) que se pueden usar en un determinado contexto (DGIWG, 2000).

Ante ese caso, el diccionario de conceptos de atributos de la Defensa Geoespacial que estandarizó DGIWG, es el Estándar de Codificación de Geodatabases, del cual, el Instituto Geográfico Militar, se basó para realizar el catálogo de objetos construyendo el modelo conceptual con las categorías y subcategorías de cada objeto geográfico véase la Figura 11 (Open Geospatial Consortium, 2014).

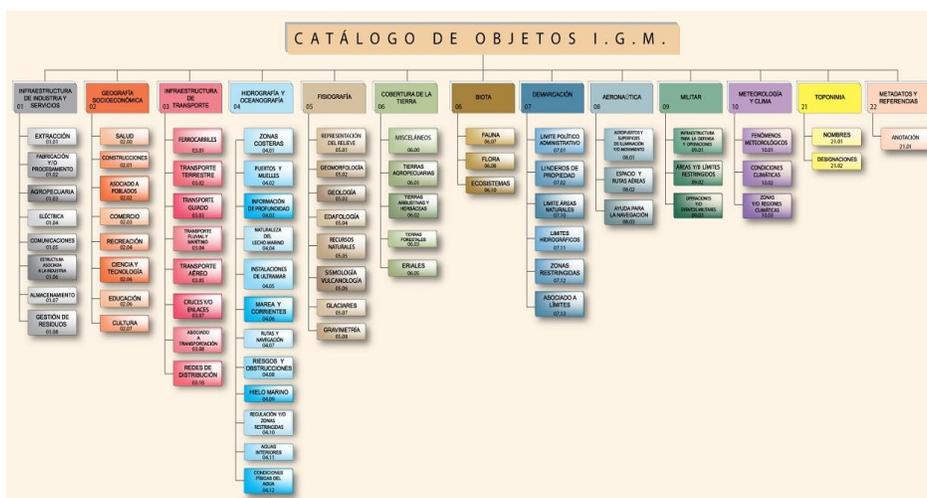


Figura 11 Modelo conceptual del catálogo de objetos
 Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2011)

Dentro del modelo conceptual que se puede observar en la Figura 11, se encuentran las categorías y subcategorías a las que pertenecen los objetos, donde, cada una de las categorías tienen un código y una definición que lo representa las cuales se presenta en la Tabla 12, así mismo cada subcategoría tiene su código y definición que lo representa, descrita en la Tabla 13 (Instituto Geográfico Militar, 2011).

Tabla 12
Código y Definición de las Categorías dentro del Catálogo de Objetos

CODIGO	NOMBRE	DEFINICIÓN
01	Infraestructura de Industria y Servicios	Esta categoría está formada por conceptos relacionados a la extracción y/o excavación de recursos naturales, procesamiento, fabricación o manufacturación de diferentes insumos, de dispositivos y estructuras utilizados en la agricultura, los servicios públicos y sus redes que incluyen el servicio eléctrico, comunicaciones o cualquier tipo gestión de residuos y todo lo asociado a industrias y conceptos de servicios.
02	Geografía Socioeconómica	Esta categoría se refiere a conceptos relacionados en el sentido más amplio con la

Continúa

		vivienda de la gente y los aspectos de la población, a este grupo pertenecen los dominios de administración, comercio, educación y ciencia.
03	Infraestructura de Transporte	Esta categoría se refiere a conceptos relacionados a transporte incluye: los ferrocarriles, carreteras y autopistas, cuerpos de agua, redes de distribución, tuberías, restricciones, cruces y todos los conceptos asociados a transporte.
04	Hidrografía y Oceanografía	Esta categoría clasifica los conceptos relativos a navegación, cuerpos de agua de cualquier forma u otros conceptos relevantes.
05	Fisiografía	Esta categoría se refiere a conceptos que describen la forma de la superficie de la tierra y describe partes especiales bajo la superficie.
06	Cobertura de la Tierra	Esta categoría clasifica los objetos que describen la cobertura de la superficie desde una perspectiva global.
	Biota	Esta categoría se refiere a conceptos relacionados a las funciones orgánicas.
07	Demarcación	Esta categoría se refiere a conceptos que describen las fronteras y zonas con limitaciones especiales y lo relacionado con levantamientos y catastro.
08	Aeronáutica	Esta categoría se refiere a conceptos relacionados a los aspectos de la aeronáutica. Varía de acuerdo a los aeropuertos, las instalaciones terrestres y los obstáculos y restricciones de los espacios aéreos .
09	Militar	Esta categoría clasifica conceptos relativos a las instalaciones militares o a las estructuras de las operaciones militares.
10	Meteorología y Clima	Esta categoría está formada por fenómenos meteorológicos relativamente estáticos y/o condiciones climáticas.
21	Toponimia	Esta categoría clasifica los conceptos de nombre y/o conceptos designados.

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2011)

Tabla 13
Código y Definición de las Subcategorías dentro del Catálogo de Objetos

COD	CATEGORÍA	COD	SUBCATEGORÍA	DEFINICIÓN
01	Infraestructura de Industria y Servicios	01.05	Comunicaciones	Esta subcategoría contiene conceptos que están relacionados a cualquier tipo de comunicación.
02	Geografía Socioeconómica	02.01	Construcciones	Esta subcategoría se refiere a conceptos relacionados con instalaciones y edificios.
		02.02	Asociado a Poblados	Esta subcategoría se refiere a conceptos que se asocian a los asentamientos o en relación con una zona urbana.
		02.04	Recreación	Esta subcategoría se refiere a conceptos relacionados con las actividades recreacionales de las personas.
03	Infraestructura de Transporte	03.01	Ferrocarriles	Esta subcategoría se refiere a conceptos relacionados al transporte terrestre basado en rieles.
		03.02	Transporte Terrestre	Esta subcategoría se refiere a conceptos relacionados a carreteras que puedan ser utilizadas por vehículos de ruedas.
		03.07	Cruces y Enlaces	Esta subcategoría se refiere a conceptos relacionados a cualquier tipo de cruce de ruta de transporte terrestre.

Continúa

		03.08	Asociado a Transportación	Esta subcategoría se refiere a conceptos almacenados en otro grupo de transporte terrestre y se relacionan con el servicio, llegadas o despegue, transferencia de pasajeros o carga, centros de control.
04	Hidrografía y Oceanografía	04.01	Zonas Costeras	Esta subcategoría clasifica los conceptos que describen la costa y/o la zona litoral como la playa.
		04.02	Puertos y Muelles	Esta subcategoría clasifica los conceptos de puertos, muelles y/o lugares donde los buques anclan.
		04.10	Regulación y/o Zonas Restringidas	Esta subcategoría proporciona los conceptos que describen las zonas de acción especial en agua y/o los comportamientos que son permitidos, restringidos o regulados.
		04.11	Aguas Interiores	Esta subcategoría clasifica descripciones referentes a cuerpos de agua mar adentro.
05	Fisiografía	05.01	Representación del Relieve	Esta subcategoría se refiere a conceptos que describen la forma de la superficie de la tierra y describe partes especiales bajo la superficie.
08	Aeronáutica	08.01	Aeropuertos y Superficies de Iluminación y/o Movimiento	Esta subcategoría se refiere a conceptos que definen áreas en la tierra o agua (incluidos los edificios, instalaciones y equipos) que estén destinados a ser utilizados en aterrizaje, despegue y superficies en movimiento de aeronaves y helicópteros.
21	Toponimia	21.01	Nombres	Esta subcategoría se compone de conceptos que describen el nombre de un concepto.

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2011)

Para poder definir los objetos se debe tomar en cuenta que la cartografía es a Escala 1:1000, con lo cual, el IGM realizó una descripción de los objetos dentro de la zona urbana, por ende, no todas las categorías están dentro de esta selección, debido a que, por ejemplo, industrias extractoras de minas o petróleo no se encuentran dentro de las zonas urbanas de la nación; pero, este catálogo de objetos a escala 1:1000 no está oficializado (Tabla 14), puesto que se encuentran algunas faltas en la selección, por lo tanto, se complementa con el catálogo de objetos 1:5000 (DGIWG, 2000).

Tabla 14

Catálogo de Objetos Escala 1:1000 no oficializado del IGM

COD	CATEGORÍA	COD	SUBCATEGORÍA	Código	Nombre	GEOMETRÍA	Definición
02	INFRAESTRUCTURA DE INDUSTRIA Y SERVICIOS	01.05	COMUNICACIONES / TRANSMISIONES	AT042	Poste	Punto	Poste utilizado para soportar uno o más cables
02	GEOGRAFÍA SOCIOECONÓMICA	02.01	CONSTRUCCIONES	AL013	Edificio	Polígono	Construcción independiente cubierta y con paredes destinada a la ocupación humana, lugar de trabajo, recreación y / o habitación.
				AL070	Cerca	Línea	Barrera artificial construida por el hombre de estructura relativamente liviana utilizada para delimitar.
				AL170	Plaza Pública	Línea	Sitio abierto que sirve como lugar de reunión pública en una zona poblada para diversos usos.
		02.02	ASOCIADO A POBLADOS	AL241	Torre	Punto	Estructura relativamente alta y delgada, que puede presentarse sola o puede formar parte de otra estructura.
				AL260	Muro	Línea	Barrera hecha por el hombre de material resistente utilizado como límite o para protección.
				AQ150	Escalinata	Polígono	Serie de escalones o gradas que sirven para subir a un plano más elevado o bajar a uno inferior.
				EA020	Cerca Viva	Línea	Crecimiento continuo de arbustos plantados como una cerca, una frontera y/o una barrera contra el viento, utilizada para delimitar.
		02.04	RECREACIÓN	AK040	Campo Deportivo	Polígono	Lugar al aire libre destinado a actividades deportivas, ejercicios o juegos.
				AK120	Parque	Línea	Área utilizada con propósitos recreacionales u ornamentales.
				AK170	Piscina	Polígono	Construcción destinada a contener agua con fines de recreación y natación.
				AK165	Estadio	Polígono	Infraestructura que parcial o totalmente rodea un campo deportivo, diseñada para permitir a los espectadores ver un evento de pie o sentados.
				AK166	Plaza de Toros	Línea	Construcción generalmente circular u ovalada, de cielo abierto, rodeada por graderíos para los espectadores.

Continúa

03	INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE	03.01	FERROCARRILES	AN010	Línea Férrea	Línea	Una o más vías de ferrocarril que comprende una red utilizada para el transporte de pasajeros y/o carga.
		03.02	TRANSPORTE TERRESTRE	AP020	Intercambiador Vial	Línea	Un sistema de interconexión de carreteras, situados en un cruce de vías, que prevé la libre circulación de tráfico entre dos o más rutas en diferentes niveles.
				AP030	Vía o Ruta	Línea	Trayecto con una superficie especialmente preparada para ser usada por vehículos a ruedas, generalmente a motor.
		03.07	CRUCES Y ENLASES	AQ040	Puente	Línea	Estructura que conecta dos lugares y facilita el paso de una ruta de transporte (por ejemplo: carretera o línea férrea) sobre un obstáculo del terreno (por ejemplo: cuerpo de agua, barranco y/o carretera).
		03.08	ASOCIADO A TRANSPORTACIÓN	AQ130	Túnel	Línea	Paso subterráneo, abierto en ambos extremos para establecer una vía de transporte.
				AQ152	Puente Peatonal	Línea	Estructura elevada o suspendida que permite el paso de peatones.
				AP034	Parterre	Línea	Divisor entre dos rutas de transporte para separar el flujo del tráfico (por ejemplo, en direcciones opuestas).
				AP031	Paseo peatonal / ciclo vía	Línea	Franja de terreno pavimentada o mejorada que tiene por objeto servir como una vía para peatones, animales y/o vehículos no motorizado.
				AQ141	Parqueadero	Línea	Lugar o estructura utilizada para el estacionamiento de vehículos.
				AQ035	Acera	Línea	Ruta pavimentada o mejorada para uso del peatón, normalmente se encuentra adyacente y paralela a una calle o carretera.
AQ036	Bordillo			Línea	Borde de hormigón, asfalto o piedras que forman parte de un canal a lo largo del borde de una calle o carretera.		
AQ065	Alcantarilla	Punto	Ducto que permite el cruce de un cauce de agua bajo una vía u otra infraestructura, así como una construcción destinada a evacuar aguas residuales.				
04	HIDROGRAFÍA Y OCEANOGRAFÍA	04.01	ZONAS COSTERAS	BA010	Orilla	Línea	Línea donde una masa de tierra está en contacto con un cuerpo de agua.
				BA030	Isla	Línea	Masa de tierra más pequeña que un continente y rodeada por agua.
		04.02	PUERTOS Y MUELLES	BB009	Puerto	Línea	Lugar con instalaciones de terminales y de transferencia de carga y / o descarga de mercancías o pasajeros, que normalmente se encuentra en una bahía.
		04.10	REGULACIÓN Y/O ZONAS RESTRINGIDAS	BH050	Granja acuática	Línea	Área cerrada de agua utilizada para la reproducción o cría de camarones, peces y similares.
		04.11	AGUAS INTERIORES	BH010	Acueducto	Línea	Un tubo o canal artificial que está diseñado para transportar agua desde una fuente remota, generalmente por gravedad, para el suministro de agua dulce, agrícola, o uso industrial.
				BH030	Acequia	Línea	Excavación poco profunda construida en tierra a modo de canal con propósitos de drenaje o irrigación.
				BH100	Zanja	Línea	Excavación larga y estrecha que se hace en la tierra, generalmente para delimitar sembríos o parcelas o usos semejantes.
				BH140	Río	Línea	Curso de agua que fluye naturalmente.
				BH081	Estanque	Línea	Depósito construido para recolección o almacenamiento de agua para consumo humano o agropecuario.
				BH080	Lago	Línea	Cuerpo de agua, rodeada por tierra.
BI010	Cisterna	Línea	Contenedor cubierto, construido por el hombre utilizado para recolectar y almacenar el agua.				
05	FISIOGRAFÍA	05.01	REPRESENTACIÓN DE RELIEVE	CA010	Curva de Nivel	Línea	Línea que conecta puntos que tienen el mismo valor de altura respecto a un datum vertical.
				CA030	Punto Acotado	Punto	Lugar designado con un valor de elevación relativa con respecto a un datum vertical.
				ZB035	Punto de control	Punto	Objeto en el terreno de ubicación conocida, donde se ha determinado las coordenadas horizontal y/o vertical por métodos geodésicos o topográficos.

Continúa

Del Catálogo de Objetos 1:5000 las categorías, subcategorías y objetos que se escogieron para la evaluación son las que están descritas en la Tabla 15 (Instituto Geográfico Militar, 2011).

Tabla 15
Catálogo de Objetos 1:5000 del IGM

COD	CATEGORÍA	COD	SUBCATEGORÍA	COD	OBJETO	GEOMETRÍA	DEFINICIÓN	
02	Geografía Socioeconomía	02.01	Construcciones	AI030	Campamento	Polígono	Instalaciones generalmente en terreno abierto que pueden ser movidas con facilidad, sirven como residencia a tiempo completo o temporal.	
				AL015	Edificio	Punto / Polígono	Estructura techada relativamente permanente, diseñada para algún uso particular.	
		02.02	Asociado a Poblados	AL030	Cementerio	Polígono	Sitio de estructuras asociadas, utilizadas para el entierro de muertos.	
				AL070	Cerca	Línea	Barrera artificial construida por el hombre de estructura relativamente liviana utilizada como cercado o límite.	
				AQ150	Escalinata	Línea / Polígono	Serie de escalones que sirven para subir a un plano más elevado o para bajar a un plano inferior.	
				AL130	Monumento	Punto / Línea / Polígono	Estructura levantada o mantenida en memoria a una persona o evento.	
				AL260	Muro	Línea / Polígono	Barrera hecha por el hombre de material resistente utilizado como límite o para protección.	
		02.03	Comercio		AL241	Torre	Punto / Polígono	Estructura relativamente alta, que puede presentarse sola o puede formar parte de otra estructura.
					AG030	Complejo Comercial	Polígono	Instalaciones comerciales de varios almacenes, con restaurantes, lugares de entretenimiento y otras empresas, está completamente cubierto y cuenta con una amplia zona de estacionamiento.
					AL014	Estructura no Construida	Polígono	Construcción económicamente independiente, diseñada para apoyar las actividades humanas (por ejemplo: agricultura, industria o minería), pero no destinados a la ocupación humana y/o habitación.

Continúa

02	Geografía Socioeconomía	02.04	Recreación	AK040	Cancha	Polígono	Lugar al aire libre destinado a eventos deportivos, ejercicio o juegos.
				AK160	Coliseo	Polígono	Escenario parcial o totalmente rodeado por una estructura diseñada para permitir a los espectadores de pie o sentados visualizar un evento. A menudo diseñados en forma y tamaño para dar cabida a deportes específicos (por ejemplo: fútbol, baloncesto, etc.), teatro o actuaciones musicales.
				AK165	Estadio	Polígono	Campo deportivo parcial o totalmente rodeado por una estructura diseñada para permitir a los espectadores ver un evento de pie o sentados; a menudo diseñados en forma y tamaño para dar cabida a deportes específicos (por ejemplo: el fútbol).
				AK121	Mirador	Polígono	Área, generalmente en un lugar elevado, con infraestructura para observaciones del paisaje circundante.
				AK120	Parque	Polígono	Área utilizada con propósitos recreacionales u ornamentales.
				AK030	Parque de Diversión	Polígono	Instalación predominantemente artificial, equipada con dispositivos recreacionales.
				AK190	Paseo Marítimo	Polígono	Estructura que se extiende en el agua utilizada con propósitos recreacionales, no pretende ser un lugar de atraque de buques.
				AK170	Piscina	Polígono	Construcción destinada a contener agua con fines de recreación y natación.
03	Infraestructura de Transporte	03.01	Ferrocarriles	AN010	Ferrocarril	Línea	Una o más vías de ferrocarril que comprende una red utilizada para el transporte de pasajeros y/o bienes.
				AN070	Estación de Ferrocarril	Polígono	Instalación en la que los pasajeros pueden subir y bajar de los trenes y/o cargar y descargar mercancías del transporte ferroviario.
		03.02	Transporte Terrestre	AQ180	Estación de Pesaje	Polígono	Construcción y equipos asociados que se utilizan para examinar y pesar los vehículos de motor.
				AQ170	Gasolinera	Polígono	Establecimiento en el cual se vende combustible y lubricantes generalmente para vehículos de motor.
				AP020	Intercambiador Vial	Polígono	Conexión diseñada para facilitar el acceso del tráfico de una carretera a otra.
				AP010	Rodera	Línea	Vía natural con poca o ninguna mejora por la que pueden transitar vehículos de doble tracción.
				AP050	Sendero	Línea	Camino angosto abierto por el tránsito de personas o animales.
				AP030	Vía o Ruta	Línea / Polígono	Trayecto con una superficie especialmente preparada que se mantiene para ser usada por vehículos generalmente a motor.
		03.07	Cruces y Enlaces	AQ070	Gabarra	Línea	Ruta definida que cruza una gabarra de una orilla a otra.
				AQ040	Puente	Línea / Polígono	Estructura que conecta dos lugares y facilita el paso de una ruta de transporte (por ejemplo: carretera o ferrocarril) sobre un obstáculo del terreno (por ejemplo: cuerpo de agua, barranco y/o carretera).

Continúa

03	Infraestructura de Transporte	03.08	Asociado a Transportación	AQ065	Alcantarilla	Línea	Estructura hecha por el hombre que permite el cruce de un cauce de agua bajo una vía u otra infraestructura, así como una construcción destinada a evacuar aguas residuales.
				AP040	Control Vehicular	Línea	Barrera en una ruta de transporte (por ejemplo: una carretera, un ferrocarril, un túnel o un puente) que controla el paso (puede ser abierto o cerrado).
				AQ036	Cuneta	Línea	Borde de hormigón, asfalto o piedras que forman parte de un canal a lo largo del borde de una calle o carretera.
				AQ080	Estación de Gabarra	Polígono	Lugar donde una gabarra toma o descarga su carga.
				AM510	Estación de Transbordo	Polígono	Complejo de edificios, instalaciones asociadas, carreteras y zonas adaptadas, utilizadas para el transbordo de pasajeros y carga entre los mismos o diferentes tipos de transporte.
				AQ125	Estación de Transporte	Polígono	Estación que sirve como un punto de parada a lo largo de una ruta de transporte.
				AQ140	Parqueadero	Polígono	Lugar destinado generalmente para estacionar vehículos.
				AP034	Parterre	Línea / Polígono	Obra o espacio vial entre dos rutas de transporte para separar el flujo del tráfico (por ejemplo, en sentido contrario).
				AP031	Paseo Peatonal / Ciclovia	Línea / Polígono	Franja de terreno pavimentada o mejorada que tiene por objeto servir como una vía para peatones, animales y/o vehículos no motorizado.
				AQ152	Puente Peatonal	Línea / Polígono	Estructura elevada o suspendida que permite el paso de peatones.
				AQ060	Torre de Control	Punto / Polígono	Estructura que alberga personas y equipos que cumplen con la función de controlar el tráfico aéreo, náutico o de trenes.
AQ130	Túnel	Línea	Paso subterráneo o submarino, abierto para establecer comunicación.				
		04.08	Riesgos y Obstrucciones	BD120	Arrecife	Polígono	Costa peñascosa, formada en el mar por roca o coral, casi a flor de agua, que constituye peligro para la navegación.
				BD110	Plataforma marina	Polígono	Superficie plana levantada sobre el mar, como etapa de trabajo en la conducción de operaciones mar adentro.
		04.11	Aguas Interiores	BH030	Acequia	Línea / Polígono	Excavación poco profunda construida en tierra con propósitos de drenaje o irrigación.
				BH010	Acueducto o Canal	Línea / Polígono	Cauce artificial que transporta agua en forma de flujo continuo desde un lugar en el que ésta es accesible para consumo u otros usos.
				BI010	Cisterna	Polígono	Contenedor cubierto, construido por el hombre utilizado para recolectar y almacenar el agua.
				AQ116	Estación de Bombeo	Polígono	Instalación para mover sólidos, líquidos o gases a través de presión o succión.
				BH081	Estanque	Polígono	Depósito construido para recolección o almacenamiento de agua para consumo humano o agropecuario.
BH140	Río	Línea / Polígono	Curso de agua que fluye naturalmente.				

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2011)

Se puede observar en las tablas anteriores, que la descripción de un modelo conceptual de presentación de los objetos está claramente descrito, sin embargo, nada de lo que está escrito dentro del catálogo de objetos está representado en la base de datos. La Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) a través del Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE), describió explícitamente en los lineamientos para catálogos de objetos institucionales, que cada base de datos conlleve su categoría, subcategoría y objeto geográfico, donde el objeto geográfico será nombrado como se indica en la Figura 12, **Código del objeto geográfico_nombre del objeto geográfico_símbolo de la forma de representación**, donde: P es punto, L es línea y A es área o polígono (SENPLADES, 2016).

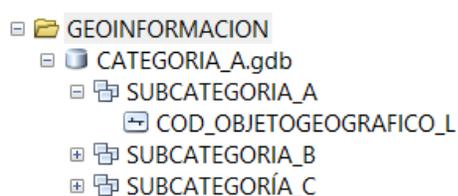


Figura 12 Estructura Conceptual de presentación de la geoinformación.
Fuente: (SENPLADES, 2016)

El parámetro de evaluación de la consistencia conceptual está muy alejado de la presentación que debe tener la base de datos como se indica en la Figura 9, por lo que a partir de esta categoría la información no sería permitida debido a no acoplarse al modelo conceptual oficializado por las instituciones rectoras (UNE-EN ISO 19157, 2014).

3.2.3 Consistencia Lógica de Dominio

La consistencia de dominio se basa en la verificación de los objetos que pertenezcan a un rango u orden determinado, este dominio ayuda a identificar los objetos de mejor manera por tal forma el dominio debe estar integrado dentro de la tabla de atributos de cada objeto (UNE-EN ISO 19157, 2014). Por esta razón, basado en el catálogo de objetos del IGM se puede observar los códigos de dominio y atributos que deben presentar los objetos expuestos en la Tabla 16; cada código de dominio tiene un rango de valores mostrados en el catálogo de objetos, un ejemplo de sus valores se lo presenta en la Figura 13 (Instituto Geográfico Militar, 2011).

Tabla 16

Códigos de dominio dentro de cada objeto marcados como atributos.

COD	OBJETO	ATRIBUTOS	DEFINICIÓN
AM070	Tanque de Almacenamiento	nam	Nombre
		acc	Código de Categoría de Precisión Horizontal
		ppo	Código de Producto
		ssc	Código de Formas de Estructura
		txt	Texto Asociado
AL015	Edificio	nam	Nombre
		acc	Código de Categoría de Precisión Horizontal
		afc	Código del Tipo de Instalación Agrícola
		cef	Código del Tipo de Instalación Cultural
		cfc	Código del Tipo de Instalación Correccional
		cit	Código del Tipo de Instalación Comercial
		cus	Código del Tipo de Instalaciones de Comunicación
		ddc	Código del Tipo de Vivienda
		ebt	Código del Tipo de Instalaciones Educativas
		gfc	Código del Tipo de Instalaciones de Gobierno
		icf	Código del Tipo de Instalaciones de Fabricación
		hwt	Código del Tipo de Instalaciones de Casa de Culto
		mfc	Código del Tipo de Instalación Militar
		psf	Código del Tipo de Instalaciones de Servicio Público
		res	Código del Tipo de Instalaciones de Investigación
		rfa	Código del Tipo de Instalaciones Religiosas
		rel	Código de Denominación Religiosa
sfy	Código del Tipo de Instalaciones de Seguridad		
tfc	Código del Tipo de Instalaciones de Transporte		
uuc	Código del Tipo de Instalaciones de Empresas de Servicios Públicos		
paf	Código del Tipo de Instalaciones de Alojamiento Público		
txt	Texto Asociado		

Continúa

AK120	Parque	nam	Nombre
		fuc	Código de Uso de Funcionalidad
		txt	Texto Asociado
AK170	Piscina	nam	Nombre
		txt	Texto Asociado
AQ040	Puente	nam	Nombre
		na2	Nombre Turístico
		acc	Código de Categoría de Precisión Horizontal
		bsc	Tipo de Código de Estructura del Puente
		ltn	Contador de carriles
		typ	Código del Tipo de Vía Pública
		tuc	Código de Uso de Transporte
		txt	Texto Asociado
AQ065	Alcantarilla	ctc	Código del Tipo de Alcantarilla
		txt	Texto Asociado
AP034	Parterre	rmw	Ancho de la División de Vía
		typ	Código del Tipo de Vía Pública
		txt	Texto Asociado
BH030	Acequia	smc	Código del Tipo de Material de Superficie
		hyp	Código de Persistencia Hidrológico
		dit	Función de Acequia
		txt	Texto Asociado
BH010	Acueducto o Canal	atc	Código de Tipo de Acueducto
		loc	Código de Ubicación Vertical Relativa
		smc	Código del Tipo de Material de Superficie
		txt	Texto Asociado
BD110	Plataforma Marina	nam	Nombre
		opc	Código de Clasificación de Plataforma Fuera de la Costa
		smc	Código del Tipo de Material de Superficie
		txt	Texto Asociado
AQ150	Escalinata	smc	Código del Tipo de Material de Superficie
		txt	Texto Asociado
AL260	Muro	wti	Código del Tipo de Barrera
		txt	Texto Asociado
AL241	Torre	nam	Nombre
		tos	Formas de la Torre
		ttc	Código del Tipo de Torre
		txt	Texto Asociado
AL014	Estructura no Construida	nam	Nombre
		smc	Código del Tipo de Material de Superficie
		txt	Texto Asociado
BH140	Río	nam	Nombre
		na2	Nombre Turístico
		acc	Código de Categoría de Precisión Horizontal
		hyp	Código de Persistencia Hidrológico
		txt	Texto Asociado
CA010	Curva de Nivel	hqc	Código de Tipo de Representación Hipsográfica
		ela	Código de Categoría de Precisión de Elevación
		crv	Valor de Curva de Nivel de Elevación o Profundidad
		txt	Texto Asociado
CA030	Punto Acotado/de Cota	acc	Código de Categoría de Precisión Horizontal
		ela	Código de Categoría de Precisión de Elevación
		zvh	Elevación más alta
		txt	Texto Asociado

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2011)

Se puede ver en la Tabla 16 en cada objeto se expone los atributos que debe tener, tanto de texto como de rangos de dominio al que pertenecen, un ejemplo se presenta a continuación en la Figura 13.

COD	OBJETO	ATRIBUTOS	DEFINICIÓN
AL015	Edificio	nam	Nombre
		cit	Código del Tipo de Instalación Comercial
		cus	Código del Tipo de Instalaciones de Comunicación
		ddc	Código del Tipo de Vivienda
		ebt	Código del Tipo de Instalaciones Educativas
		hwt	Código del Tipo de Instalaciones de Casa de Culto
		mfc	Código del Tipo de Instalación Militar
		tfc	Código del Tipo de Instalaciones de Transporte
		uuc	Código del Tipo de Instalaciones de Empresas de Servicios Públicos
		paf	Código del Tipo de Instalaciones de Alojamiento Público

VALORES DE DOMINIOS		
Código	Etiqueta	Definición
-1	-1.- Información no disponible	Cuando no se dispone o no se tiene certeza de los datos.
1	1.- Casa	Una unidad autónoma que tiene una planta baja de uno o varios pisos superiores que sirven para vivienda humana.
2	2.- Unidad de vivienda múltiple	Un edificio usado como vivienda por múltiples grupos de ocupantes.
3	3.- Caravana	Un remolque que se utiliza como vivienda, no tiene ninguna base permanente y está diseñado para moverse fácilmente.
4	4.- Hogar del adulto mayor	Un edificio residencial de un grupo de personas de edad avanzada.
5	5.- Dormitorio	Una construcción de uso a personas civiles, casa que es típicamente grande, sin adornos e intencionado para la ocupación relativamente temporal.
6	6.- Cabaña/choza	Una casa pequeña, simple, ordinaria o refugio.
7	7.- Casa de vacaciones	Una residencia privada de verano y/o vacaciones de fin de semana.
8	8.- Apartamento	Una cuarto privado que forma una residencia en un edificio que contiene un número de estos.
9	9.- Hotel Residencial	Un establecimiento, cómodo o de lujo, donde los visitantes pagan y se le proporcionará alojamiento, comidas y/u otros servicios.
10	10.- Albergue juvenil	Una instalación que proporciona alojamiento barato para gente joven.
12	12.- Cabaña con camas	Una construcción rústica en sitios remotos (por ejemplo: montañas o bosques) para refugio y alojamiento.
13	13.- Vivienda y edificio comercial	Un edificio usado para residencia y para fines comerciales.
14	14.- Refugios de emergencia	Una instalación para el alojamiento temporal de personas sin hogar sujeta a desastres, guerra, persecución o por otros motivos.
15	15.- Granja	Una casa particular conectada a una granja.
16	16.- Casa móvil	Una estructura grande transportable, como una caravana grande, instalada permanentemente y usado como espacios de alojamiento.
17	17.- Casa de verano	Una construcción sencilla con luz en un jardín o parque residencia de verano en el país.
998	998.- No aplica	Cuando no se dispone o no se tiene certeza de los datos.

Figura 13 Valores de Dominio para el Código del Tipo Vivienda del Objeto Edificio.
Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2011)

Una vez identificado los valores de dominio se pasa a la evaluación de la tabla de atributos de cada objeto (Figuras 14, 15 y 16) (UNE-EN ISO 19157, 2014). Se puede observar que los valores correspondientes al dominio no se encuentran, prácticamente no hay mayor información. Dependiendo la geometría del objeto, contiene:

- Polígono, contiene los atributos de perímetro y área, como se muestra en la Figura 14.
- Línea, contiene los atributos de longitud, como se muestra en la Figura 15.

- Punto, contiene los atributos de coordenadas en X y Y, como se muestra en la Figura 16.

OBJECTID *	Shape *	Avg. Z	Perimeter	Shape Leng	Shape Length	Shape Area
1	Polygon ZM	2965.17	31.6723	31.672335	31.672378	58.58413
2	Polygon ZM	2965.4	37.8424	37.842366	37.842308	94.815851
3	Polygon ZM	2994.35	10.8602	10.86024	10.860239	7.264254
4	Polygon ZM	2995.65	18.0592	18.059218	18.059202	19.404104
5	Polygon ZM	2993.93	59.7934	59.793424	59.793451	136.819745
6	Polygon ZM	2995.71	23.9138	23.913816	23.913766	30.960983
7	Polygon ZM	2995.61	4.8153	4.8153	4.8153	1.432444
8	Polygon ZM	2994.82	4.32336	4.323364	4.323339	1.146142
9	Polygon ZM	2996.64	18.4579	18.457885	18.45796	21.292319
10	Polygon ZM	2993.68	15.2422	15.242217	15.242178	13.598933
11	Polygon ZM	2994.12	11.7146	11.714614	11.714595	8.034619
12	Polygon ZM	2994.28	11.2039	11.203865	11.203883	7.761622
13	Polygon ZM	2994.21	8.62023	8.620229	8.620245	4.496298
14	Polygon ZM	2994.69	9.56271	9.56271	9.562792	5.657616
15	Polygon ZM	2997.49	60.7784	60.778359	60.778446	180.100441
16	Polygon ZM	2996	16.395	16.394972	16.394939	16.295964
17	Polygon ZM	2996.13	40.6951	40.695105	40.695105	103.433843
18	Polygon ZM	2996.13	18.6189	18.61895	18.618974	17.930666
19	Polygon ZM	2996	22.7093	22.709322	22.709322	31.920333
20	Polygon ZM	2995.76	15.1329	15.132878	15.132878	14.113145
21	Polygon ZM	2995.76	13.3191	13.319086	13.319041	10.912885
22	Polygon ZM	2995.92	7.54077	7.540765	7.540738	3.45663
23	Polygon ZM	2996.17	17.2284	17.228351	17.22826	17.716507
24	Polygon ZM	2996.08	11.5702	11.570249	11.570231	7.9639
25	Polygon ZM	2995.15	6.50792	6.507916	6.50791	1.999399
26	Polygon ZM	2995.8	5.59006	5.590059	5.590059	1.950065

Figura 14 Tabla de Atributos del Objeto Edificio (Polígono).

OBJECTID *	Shape *	Avg_Z	Shape_Length
69	Polyline ZM	2954.618	50.281942
70	Polyline ZM	2954.623	45.217831
71	Polyline ZM	2954.965	30.759829
72	Polyline ZM	2954.962	26.333668
73	Polyline ZM	2954.959	60.600431
74	Polyline ZM	2954.792	74.361655
75	Polyline ZM	2955.341	20.060201
76	Polyline ZM	2944.137	34.140012
77	Polyline ZM	2943.761	24.037182
78	Polyline ZM	2943.44	21.19495
79	Polyline ZM	2943.183	32.831128
80	Polyline ZM	2943.498	22.409915
81	Polyline ZM	2944.944	41.035308
82	Polyline ZM	2944.847	22.162549
83	Polyline ZM	2945.042	63.219155
84	Polyline ZM	2945.229	60.590819
85	Polyline ZM	2945.397	59.177666
86	Polyline ZM	2945.118	58.386719
87	Polyline ZM	2945.16	49.737227
88	Polyline ZM	2944.846	56.373481
89	Polyline ZM	2944.091	59.268511
90	Polyline ZM	2944.56	68.50836
91	Polyline ZM	2944.797	34.052476
92	Polyline ZM	2944.723	27.950096
93	Polyline ZM	2944.887	29.163486

Figura 15 Tabla de Atributos del Objeto Parque (Línea).

OBJECTID_12 *	Shape *	OBJECTID_1	OBJECTID	Avg_Z	POINT_X	POINT_Y
1	Point ZM	1	3243	2935.19	757250.0116	9895695.358
2	Point ZM	2	3244	2933.41	757474.5801	9895638.763
3	Point ZM	3	3245	2932.85	757478.0586	9895673.3785
4	Point ZM	4	3246	2932.55	757481.5515	9895710.0192
5	Point ZM	5	3247	2932.6	757485.0883	9895744.6502
6	Point ZM	6	3248	2932.65	757488.5145	9895779.255
7	Point ZM	7	3249	2932.5	757491.8543	9895814.1517
8	Point ZM	8	3250	2932.67	757496.4774	9895859.1705
9	Point ZM	9	3251	2932.88	757500.5207	9895899.0797
10	Point ZM	10	3252	2932.49	757505.428	9895946.6278
11	Point ZM	11	3253	2932.22	757508.3845	9895991.2233
12	Point ZM	12	3254	2931.71	757638.2874	9895604.1881
13	Point ZM	13	3255	2930.91	757723.4188	9895604.9619
14	Point ZM	14	3256	2930.86	757724.2366	9895603.6128
15	Point ZM	15	3257	2930.58	757747.6076	9895640.5302
16	Point ZM	16	3258	2930.43	757771.4345	9895675.2548
17	Point ZM	17	3259	2930.28	757795.1876	9895710.1187
18	Point ZM	18	3260	2930.4	757811.3586	9895733.9317
19	Point ZM	19	3261	2930.02	757834.7166	9895768.1179
20	Point ZM	20	3262	2930.5	757858.4953	9895803.3247
21	Point ZM	21	3263	2930.57	757877.898	9895832.2224
22	Point ZM	22	3264	2930.86	757897.6256	9895861.258
23	Point ZM	23	3265	2930.94	757917.343	9895890.5721
24	Point ZM	24	3266	2931.02	757936.9298	9895919.6094
25	Point ZM	25	3267	2931.29	757956.3678	9895948.3026

Figura 16 Tabla de Atributos del Objeto Postes (Punto).

Se observa que los valores de dominio no están presentes en la tabla de atributos, por lo tanto, no pasa la evaluación de calidad dentro de este parámetro. El reporte de los datos se exponen en los resultados (UNE-EN ISO 19157, 2014).

3.2.4 Consistencia Lógica Topológica

Para la verificación de la consistencia topológica, se debe comprender las reglas topológicas que se van a aplicar, según los tipos de geometrías de cada objeto (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Dentro de la base de datos, se crea una nueva topología como se indica en la Figura 17. Se escoge las reglas topológicas que se debe aplicar (Figura 18) y se identifica los errores (López, 2014).

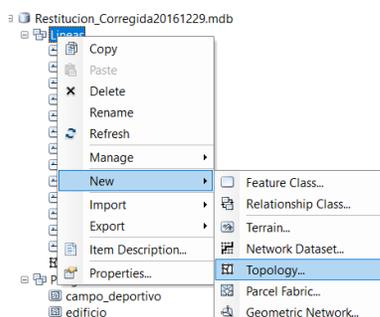


Figura 17 Creación de una nueva Topología

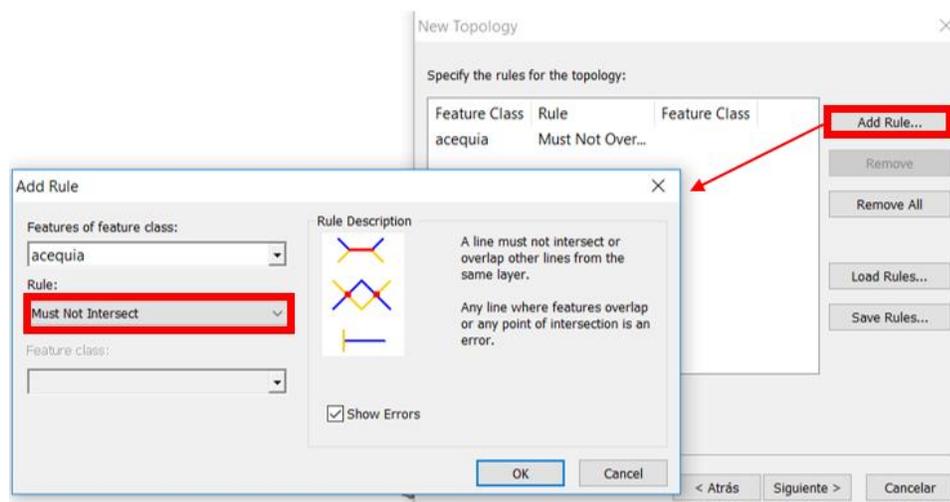


Figura 18 Ventana de adición de reglas de nueva topología

Para los objetos que tienen geometría de Líneas, se toma en cuenta que: deben ser continuos, no deben tener cortes, intersecciones, nodos, no deben sobre ponerse entre sí mismos, ni intersecarse consigo mismo (López, 2014). Por lo tanto, las reglas topológicas que se utilizan para la geometría de líneas son (ESRI, 2010):

- Must not overlap, no debe superponerse una línea encima de otra, Figura 19 (ESRI, 2010).

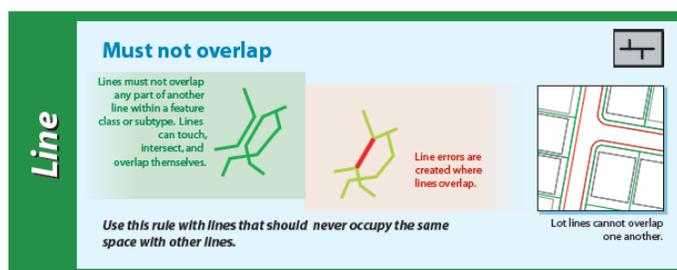


Figura 19 Regla topológica Must not overlap
Fuente: (ESRI, 2010)

- Must not intersect, no debe cruzarse una línea con otra, Figura 20 (ESRI, 2010).

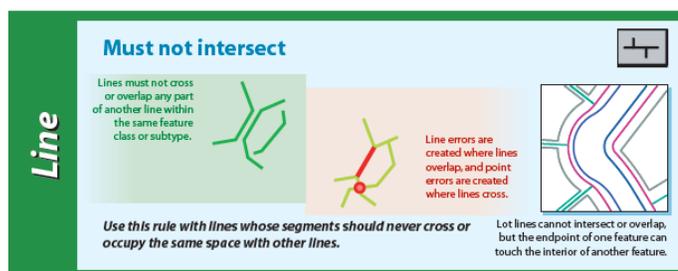


Figura 20 Regla topológica Must not intersect

Fuente: (ESRI, 2010)

- Must not have dangles, no debe tener desconexiones, deben ser líneas continuas, Figura 21 (ESRI, 2010).

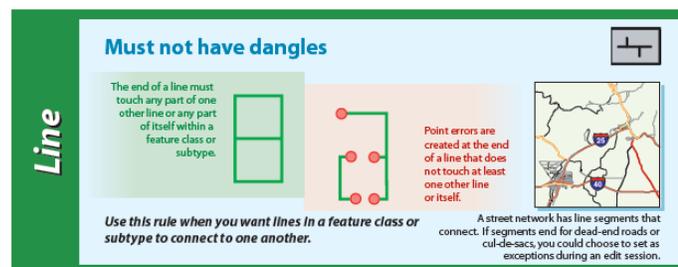


Figura 21 Regla topológica Must not have dangles

Fuente: (ESRI, 2010)

- Must not have pseudonodes, no debe tener pseudo nodos, deben ser líneas continuas, Figura 22 (ESRI, 2010).

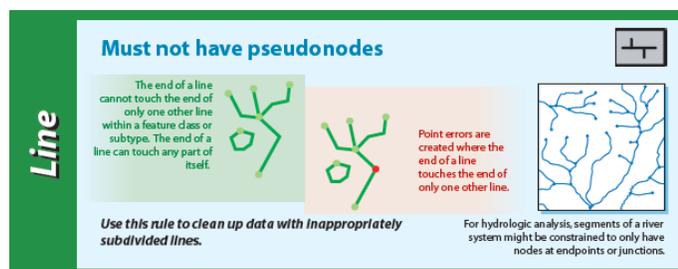


Figura 22 Regla topológica Must not have pseudonodes

Fuente: (ESRI, 2010)

- Must not self-overlap, no debe superponerse entre sí, Figura 23 (ESRI, 2010).

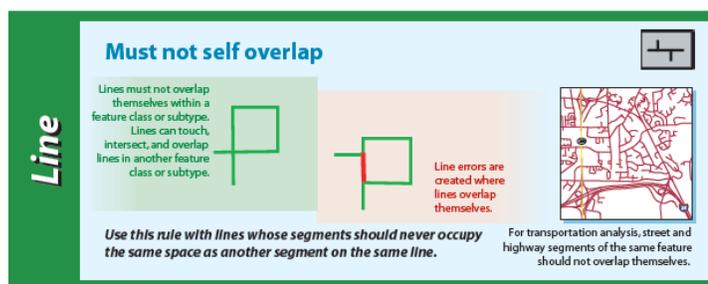


Figura 23 Regla topológica Must not self-overlap

Fuente: (ESRI, 2010)

- Must not self-intersect, no debe cruzarse entre sí, Figura 24 (ESRI, 2010).

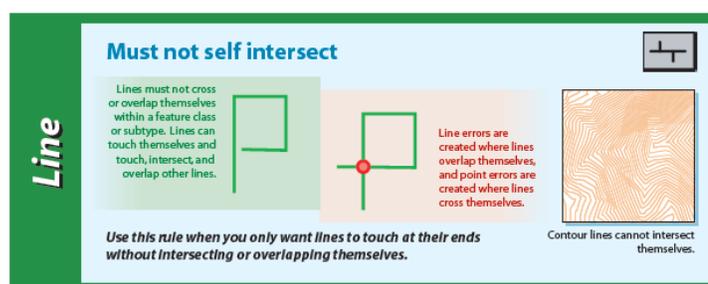


Figura 24 Regla topológica Must not self-intersect

Fuente: (ESRI, 2010)

Para los objetos que tienen geometría de Polígono, se toma en cuenta que: no deben ser superpuestos entre sí ni tampoco deben ser superpuestos con otros objetos (López, 2014). Por lo tanto, las reglas topológicas que se utilizan para la geometría de polígonos son (ESRI, 2010):

- Must not overlap, no debe superponerse un polígono encima de otro, Figura 25 (ESRI, 2010).

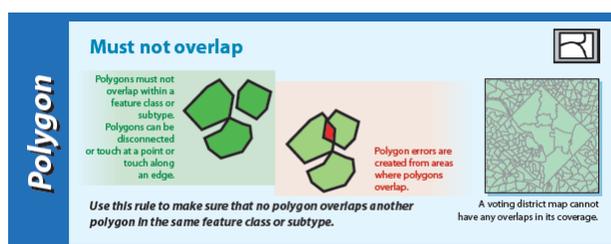


Figura 25 Regla topológica Must not overlap

Fuente: (ESRI, 2010)

- Must not overlap with, no debe superponerse con otros polígonos, Figura 26 (ESRI, 2010).

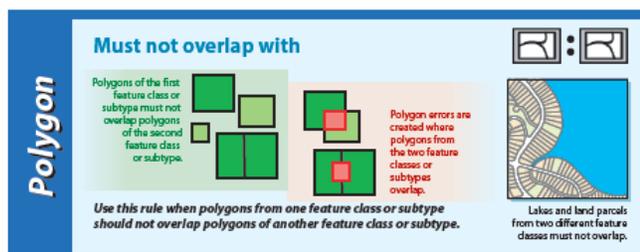


Figura 26 Regla topológica Must not overlap with

Fuente: (ESRI, 2010)

Una vez aplicada la topología se la abre en el programa Arc Map y con puntos, líneas o polígonos de color rojo marcará los errores que se encuentran dentro de cada objeto como se muestra en la Figura 27 (ESRI, 2010).

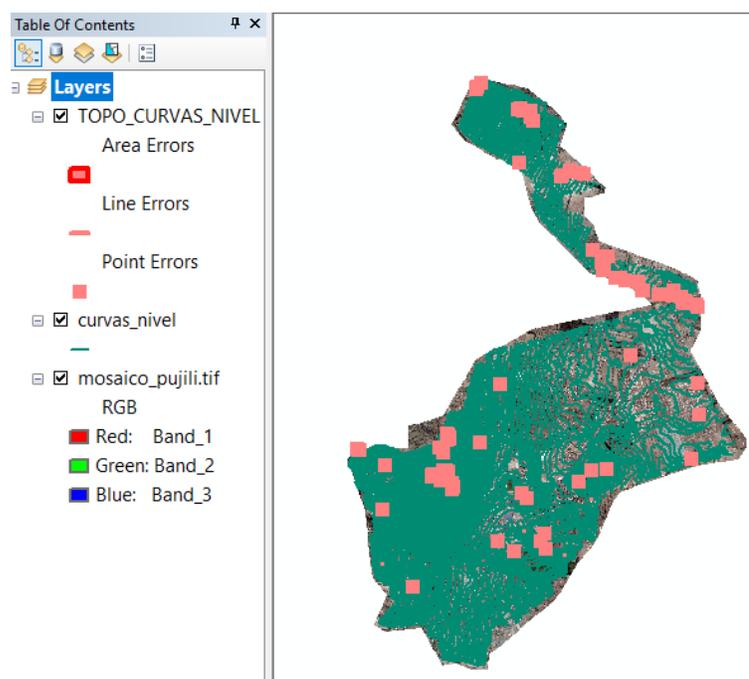


Figura 27 Errores topológicos dentro del objeto geográfico curvas de nivel

Los errores encontrados dentro de cada objeto serán reportados de acuerdo a la ISO 19157, obteniendo el nivel de conformidad de cada objeto. Si los objetos no superan el límite de error permitido, es decir, menor del 10% de error, el conjunto pasa a la siguiente evaluación, caso contrario se reporta y se continua con los siguientes parámetros de calidad (UNE-EN ISO 19157, 2014).

3.3 Plan de Muestreo

Basado en la norma ISO 19157 se identifica primero la estrategia de muestreo, en la cual se define la población basada en áreas generadas, y el tamaño de muestra se basa en un muestreo probabilístico aleatorio simple, Figura 18 (UNE-EN ISO 19157, 2014).

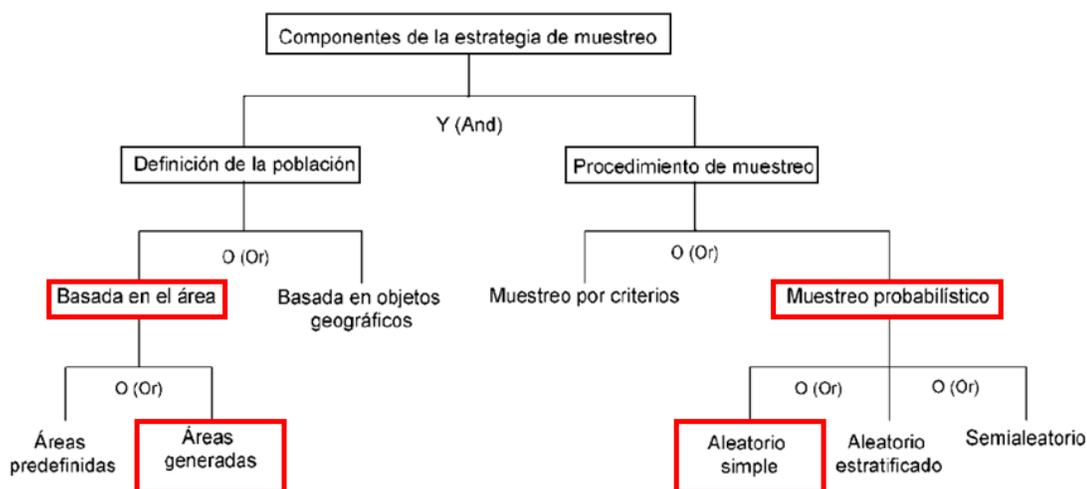


Figura 28 Estrategia de Muestreo del Proyecto

Fuente: (UNE-EN ISO 19157, 2014)

3.3.1 Definición de la población

Para definir la población, se basa en el Protocolo de Fiscalización del Instituto Geográfico Militar, en el cual especifica que las áreas que se generan son de 15" x 15", por lo tanto, la población serán todos los recuadros que contengan más del 80% del área de evaluación (Instituto Geográfico Militar, 2017).

La malla se la crea a través de la herramienta Create Fishnet del programa ArcMap del software ArcGis, en donde, los 15 segundos se los transforma a metros obteniendo el valor de 462.44 m, los demás datos son llenados como se muestra en la Figura 29 (Instituto Geográfico Militar, 2017).

Output Feature Class
D:\TESIS\SHAPES\malla_generada.shp

Template Extent (optional)
Same as layer mosaico_pujili.tif

Top
9898846.334729

Left
754758.031287

Right
759208.031287

Bottom
9892456.634729

Clear

Fishnet Origin Coordinate
X Coordinate
754758.031286621

Y Coordinate
9892456.634729005

Y-Axis Coordinate
X Coordinate
754758.031286621

Y Coordinate
9892456.634729005

Cell Size Width
462.44

Cell Size Height
462.44

Number of Rows
14

Number of Columns
10

Opposite corner of Fishnet (optional)
X Coordinate

Y Coordinate

Create Label Points (optional)

Geometry Type (optional)
POLYGON

OK Cancel Environments... << Hide Help Tool Help

Figura 29 Datos dentro de la herramienta Create Fishnet

Una vez llenado los datos se acepta, y se obtiene una malla como se presenta en la Figura 30, los recuadros que se seleccionan son aquellos que se encuentran dentro del área de estudio, Figura 31 (UNE-EN ISO 19157, 2014).

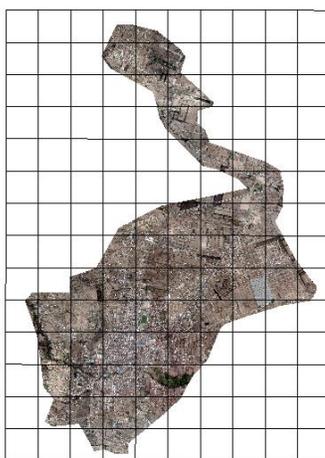


Figura 30 Malla generada de 15' x 15'

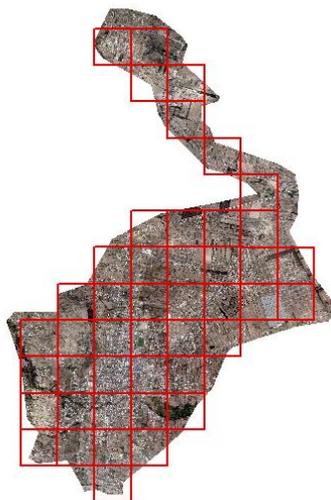


Figura 31 Recuadros que contienen el área de estudio

3.3.2 Selección de la muestra

Una vez definida la población, que en este caso son todos los recuadros que contienen el área de estudio que son en total 45 recuadros, Figura 31, se pasa a la selección de las muestras, para eso se utilizan la tabla F4 que da la norma ISO 19157 para muestreo; una vez definido el tamaño de la población se obtiene el tamaño de muestra. Como el tamaño de población es 45, el tamaño de muestra es 5, Tabla 17 (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Tabla 17*Tamaño de muestra a partir del tamaño de población ISO 19157*

Tamaño de población		Tamaño de muestra (n)
Desde	A	
26	50	5
51	90	7
91	150	10
151	280	15
281	400	20
401	500	25
501	1200	35
1201	3200	50
3201	10000	75
10001	35000	100
35001	150000	150
150001	500000	200
> 500000		200

Fuente: (UNE-EN ISO 19157, 2014)

Para conocer la cantidad de rechazo y aceptación de las muestras seleccionadas se utiliza las tablas 1 y 2-A de la ISO 2859-1; estas tablas también ayudan a saber el tamaño de la muestra a partir del tamaño de la población, sabiendo que se debe partir de una inspección normal, y conociendo que es una zona urbana y las características son similares en toda la zona de estudio (menor nivel de discriminación) es decir Nivel I, por lo tanto, el código del tamaño de muestra para una población es C, Tabla18 (NTE INEN-ISO 2859-1, 2009).

Tabla 18*Códigos alfabéticos del tamaño de la Muestra con una Población de 45*

Tamaño del lote	Niveles especiales de inspección				Niveles generales de inspección		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 a 8	A	A	A	A	A	A	B
9 a 15	A	A	A	A	A	B	C
16 a 25	A	A	B	B	B	C	D
26 a 50	A	B	B	C	C	D	E
51 a 90	B	B	C	C	C	E	F
91 a 150	B	B	C	D	D	F	G
151 a 280	B	C	D	E	E	G	H
281 a 500	B	C	D	E	F	H	J
501 a 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 a 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 a 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 a 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 a 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 a 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 000 y más	D	E	H	K	N	Q	R

Fuente: (NTE INEN-ISO 2859-1, 2009)

Con el código alfabético se traslada a la tabla de inspección normal, pues se parte de no sospechar que el producto tiene un nivel alto o bajo de calidad aceptable. Con la letra se busca en la Tabla 19 donde el tamaño de muestra es 5, tal como señala también la ISO 19157, el límite aceptable de calidad va de la mano con el porcentaje de error que debe tener los datos, por lo tanto, no debe sobrepasar del 10% de error entonces nuestro límite aceptable de calidad es 10 (NTE INEN-ISO 2859-1, 2009).

FID	Shape *	Id	S1
0	Polygon	0	
1	Polygon	0	
2	Polygon	0	
3	Polygon	0	
4	Polygon	0	
5	Polygon	0	
6	Polygon	0	
7	Polygon	0	
8	Polygon	0	
9	Polygon	0	
10	Polygon	0	
11	Polygon	0	
12	Polygon	0	
13	Polygon	0	
14	Polygon	0	
15	Polygon	0	
16	Polygon	0	
17	Polygon	0	
18	Polygon	0	
19	Polygon	0	
20	Polygon	0	
21	Polygon	0	
22	Polygon	0	
23	Polygon	0	
24	Polygon	0	
25	Polygon	0	
26	Polygon	0	
27	Polygon	0	
28	Polygon	0	
29	Polygon	0	
30	Polygon	0	
31	Polygon	0	
32	Polygon	0	
33	Polygon	0	
34	Polygon	0	
35	Polygon	0	
36	Polygon	0	
37	Polygon	0	
38	Polygon	0	
39	Polygon	0	
40	Polygon	0	
41	Polygon	0	
42	Polygon	0	
43	Polygon	0	
44	Polygon	0	

Figura 32 FID de identificación de los recuadros de la población definida

Entonces, se selecciona los FID obtenidos a través del muestreo aleatorio simple sin reposición de la malla seleccionada, obteniendo la siguiente distribución, Figura 33 (UNE-EN ISO 19157, 2014).

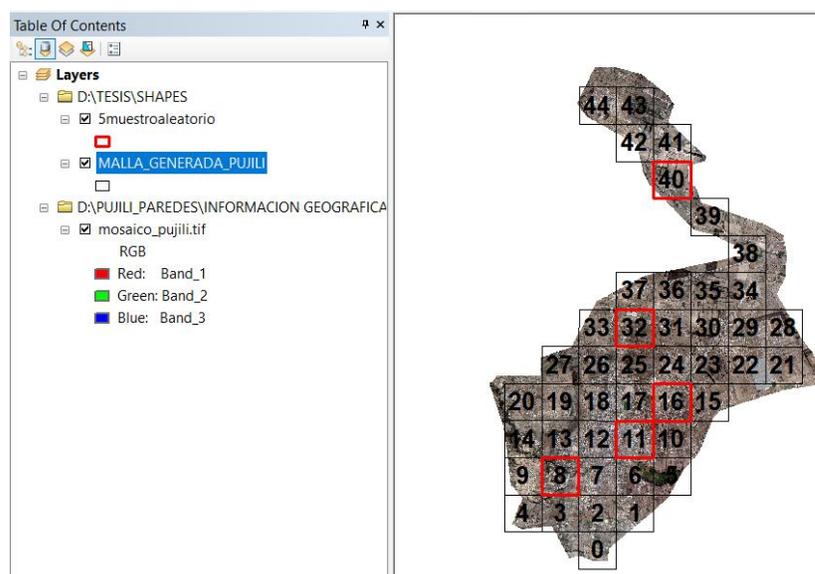


Figura 33 Muestra seleccionada mediante el método aleatorio simple sin reposición.

3.4 Obtención de la Exactitud Posicional

3.4.1 Planificación del Trabajo de Campo

Con la muestra obtenida en la Figura 33, se procede a la evaluación de la exactitud posicional, para esto la norma ISO 19157 menciona que se debe escoger primero la medida con la que se va a evaluar la exactitud posicional, dado en la norma una lista de varias medidas de evaluación (Anexo D de la misma), en este caso se usará la medida RMSE (Root Mean Square Error) que es la raíz del error cuadrático medio (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Conociendo ya que la medida de evaluación es el RMSE, la evaluación de la exactitud posicional se lo va a hacer a través del Test NSSDA que utiliza esta medida para evaluar la exactitud horizontal o planimetría de la cartografía. El principio básico de la

evaluación es utilizar puntos de la cartografía y compararlos con puntos de mayor exactitud (FGDC, 1998).

Siguiendo el Test se debe seleccionar 20 puntos bien distribuidos dentro de la muestra (Figura 34), y así en todas las muestras, obteniendo un total de 100 puntos (Figura 35) (FGDC, 1998).

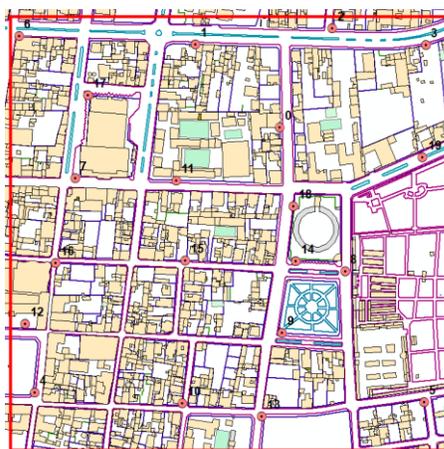


Figura 34 Distribución de los 20 puntos dentro de la hoja 2.

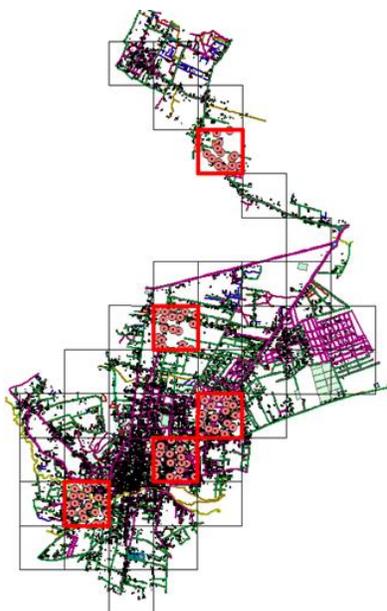


Figura 35 Distribución de los puntos dentro de toda la muestra.

Los puntos de mayor exactitud se los va a obtener con los equipos GNSS de doble frecuencia Trimble R8S, con el método RTK, tomando como punto de referencia “BASE PUJILÍ”, cuya monografía se puede apreciar en el Anexo 1.

3.4.1.1 Levantamiento Método RTK

Cinemático en Tiempo Real, o también llamado Real Time Kinematic, por sus siglas en inglés (RTK), este método se basa en la recolección de puntos GNSS en tiempo real, es decir, realizar mediciones mientras se mueve de punto en punto de forma instantánea con el receptor móvil, llamado ROVER (Figura 36), si en cualquier caso se pierde la señal entre los receptores, se tendrá que volver recolectar el punto (Jimenez & Prado, 2017).

El grado de precisión que se desee adquirir dependerá el intervalo de tiempo obteniendo precisiones de 2cm a 1ppm. Su gran eficiencia y fácil uso permite realizar levantamientos en tiempo real en un período de tiempo corto (Jimenez & Prado, 2017).

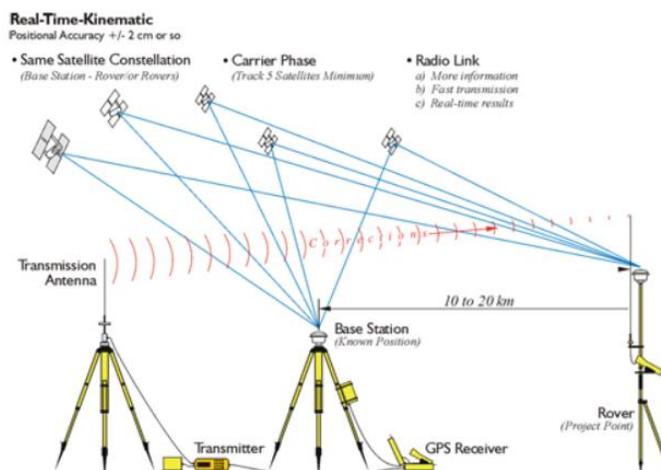


Figura 36 Método RTK

Fuente: (Sickle, 2018)

Las especificaciones técnicas del equipo que se utiliza para la medición de los puntos de mayor exactitud se las describe la Tabla 21. Una vez recolectado los puntos en campo se pasa a la evaluación de los puntos a través del test NSSDA (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Tabla 21

Especificaciones técnicas del equipo GPS Trimble R8S

	Equipo utilizado	GPS de precisión Doble Frecuencia
	Tipo de posicionamiento	RTK
	Número de satélites	Mínimo 5
	Longitud de alcance de corrección RTK con radio	de 4 -8 km con línea de vista
	Ángulo de enmascaramiento	10 grados
	Tiempo de grabación	Dependerá de la cantidad de satélites, mínimo 20 segundos
	Correcto nivelado y centrado de la antena sobre el punto.	

Fuente: (Instrumental & Óptica, 2019)

3.4.2 Obtención de los datos

Con ayuda del software Windows Mobile, se puede descargar los datos conectando la consola directamente al computador (Figura 37). Al descargar los datos, en el programa ArcMap se une las tablas de las coordenadas tanto de la cartografía como las obtenidas por el método RTK (Figura 38) (ESRI, 2019).

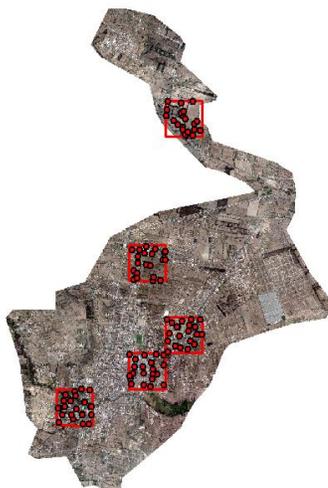


Figura 37 Puntos RTK

FID	Shape	pujll puntos	FID	Id	X	Y	FID_2	Name	Code	Northing	Easting	Elevation
0	Point		13	0	756905.033955	9897480.51554	66	62	13	9897480.55404	756905.09396	2955.26776
1	Point		14	0	756908.870422	9897559.68889	67	63	14	9897559.86473	756908.86257	2957.48019
2	Point		19	0	756924.971673	9897657.66762	68	64	19	9897656.93589	756925.58775	2957.79485
3	Point		9	0	757113.746208	9897479.29339	69	65	9	9897479.29743	757113.66385	2949.74341
4	Point		7	0	757095.918195	9897514.55872	70	66	7	9897514.67254	757095.97538	2950.28425
5	Point		8	0	757129.731307	9897536.0461	71	67	8	9897536.02892	757129.79906	2949.89631
6	Point		16	0	757097.893108	9897644.73472	72	68	16	9897645.23601	757097.7388	2951.63459
7	Point		15	0	757238.250794	9897661.7651	73	69	15	9897662.76511	757237.62302	2948.93842
8	Point		6	0	757144.756495	9897436.22152	74	70	6	9897436.15778	757144.73872	2948.88482
9	Point		10	0	757264.459019	9897377.96455	75	71	10	9897378.1888	757264.31486	2945.36137
10	Point		2	0	757265.455596	9897303.14369	76	72	10	9897303.23978	757265.27992	2945.5271
11	Point		0	0	757341.034153	9897293.147	77	73	0	9897293.10464	757341.17414	2943.17416
12	Point		18	0	757290.037885	9897405.08704	78	74	18	9897405.30696	757290.19427	2945.29135
13	Point		12	0	757002.200265	9897419.50426	79	75	12	9897419.70794	757002.24382	2953.91631
14	Point		17	0	757047.879348	9897365.60332	80	76	17	9897365.72777	757047.88653	2952.25537
15	Point		5	0	757115.730235	9897331.59148	81	77	5	9897331.57914	757115.87883	2949.58652
16	Point		3	0	757152.950481	9897238.84037	82	78	3	9897238.11196	757151.84539	2948.57442
17	Point		4	0	757173.881534	9897271.2713	83	79	1	9897271.19231	757173.73294	2947.98919
18	Point		1	0	757246.345586	9897223.41928	84	80	4	9897223.40089	757246.23464	2944.77979
19	Point		11	0	757116.524483	9897297.79674	108	103	3a	9897297.77663	757116.52714	2950.08901

Figura 38 Tabla de atributos de la unión de las dos coordenadas

3.4.3 Aplicación del Test NSSDA

Una vez obtenidos los 20 datos en coordenadas UTM de la cartografía y los obtenidos por RTK se ordena en la hoja de cálculo y se procede a sacar la diferencia entre las coordenadas X y Y; luego se calcula el RMSE de la coordenada X y el RMSE de la coordenada Y, por último se aplica la formula explicada en el Apéndice 3-A del test NSSDA (Tabla 22) (FGDC, 1998).

Tabla 22
Aplicación del Test NSSDA muestra 1

n°	x_{data}	y_{data}	x_{check}	y_{check}	$x_{data} - x_{check}$	$y_{data} - y_{check}$	$(x_{data} - x_{check})^2$	$(y_{data} - y_{check})^2$
1	755930,9403	9893975,153	755930,8591	9893975,251	0,081157001	-0,098180011	0,006586459	0,009639315
2	755869,0259	9893822,455	755869,198	9893822,382	-0,172123999	0,073160009	0,029626671	0,005352387
3	755822,3935	9893984,368	755822,5331	9893984,271	-0,139562001	0,096580001	0,019477552	0,009327697
4	755739,9173	9893961,849	755740,01	9893961,78	-0,092699	0,06862	0,008593105	0,004708704
5	755753,4698	9893907,692	755753,5963	9893907,518	-0,126518	0,17436	0,016006804	0,030401409
6	755685,8253	9893836,321	755685,9783	9893836,474	-0,153048999	-0,152720001	0,023423996	0,023323399
7	755616,317	9893765,753	755616,2508	9893765,583	0,066180001	0,17032999	0,004379793	0,029012305
8	755532,3489	9893748,486	755532,3065	9893748,569	0,042351	-0,08365001	0,001793607	0,006997324
9	755582,0231	9893657,681	755582,0055	9893657,683	0,017675999	-0,00128999	0,000312441	1,66407E-06
10	755538,9474	9893561,837	755538,9634	9893561,849	-0,015963	-0,011919999	0,000254817	0,000142086
11	755714,461	9893607,191	755714,3638	9893607,189	0,097246	0,00200999	0,009456785	4,04006E-06
12	755693,6025	9893660,064	755693,2577	9893659,91	0,344709	0,15374	0,118824295	0,023635988
13	755834,2171	9893666,064	755834,3647	9893666,023	-0,147560001	0,04132	0,021773954	0,001707342
14	755951,503	9893663,975	755951,5665	9893663,768	-0,063489001	0,206879988	0,004030853	0,04279933
15	755945,421	9893769,323	755945,7182	9893769,2	-0,297188001	0,12256	0,088320708	0,015020954
16	755763,6266	9893739,841	755763,6877	9893739,715	-0,061132001	0,12669	0,003737122	0,016050356
17	755913,7542	9893547,606	755913,8941	9893547,594	-0,139898999	0,011939989	0,01957173	0,000142563
18	755844,0601	9893543,353	755844,3552	9893543,273	-0,295128999	0,080870001	0,087101126	0,006539957
19	755600,7083	9893843	755600,867	9893842,858	-0,158666	0,142320011	0,0251749	0,020254985
20	755619,6782	9893912,765	755619,5584	9893912,746	0,119853999	0,01886999	0,014364981	0,000356077
					$\sum (x_{data,i} - x_{check,i})^2 / n$		0,025140585	0,012270894
					$RMSE_x = \text{sqrt} \left[\sum (x_{data,i} - x_{check,i})^2 / n \right]$			0,158557828
					$RMSE_y = \text{sqrt} \left[\sum (y_{data,i} - y_{check,i})^2 / n \right]$			0,110774068
					$Exactitud_r = 2.1460 * 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y)$			0,288400594

3.5 Verificación de Compleción

Para evaluar la completión, los objetos debieron haber pasado las anteriores evaluaciones, y los errores debieron ser reportados (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Para identificación de las comisiones y omisiones se parte de una muestra anteriormente seleccionada (Figura 33), la verificación es total de la muestra, por lo tanto, los objetos que están dentro del recuadro (Figura 39) son los que se va a evaluar (UNE-EN ISO 19157, 2014).

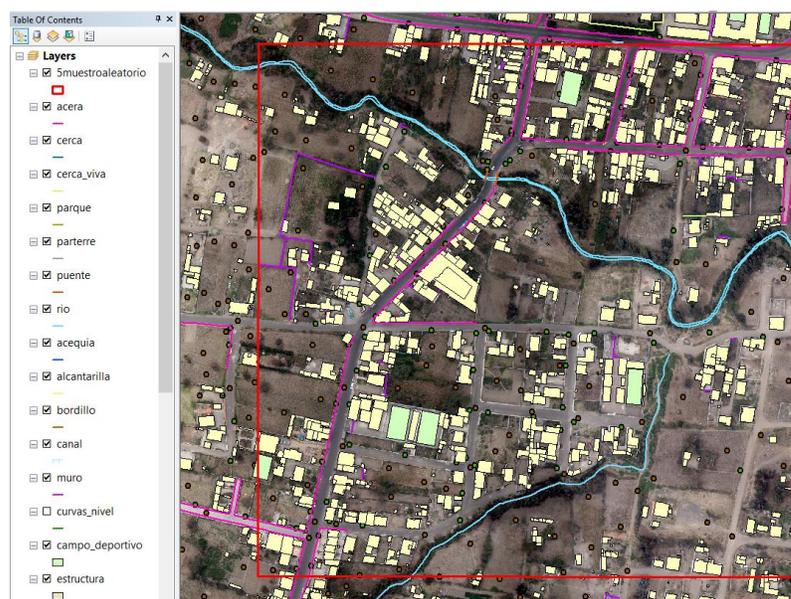


Figura 39 Objetos Geográficos dentro de la zona de muestreo.

Para el conteo de los errores se crea un nuevo shape llamado ERRORES_MUESTRA#, por cada muestra habrá un shape de errores, es decir, en total habrá 5 shapes de errores, dentro de los cuales se identifica el error y se dibuja sobre el como se muestra en la Figura 40 (UNE-EN ISO 19157, 2014).

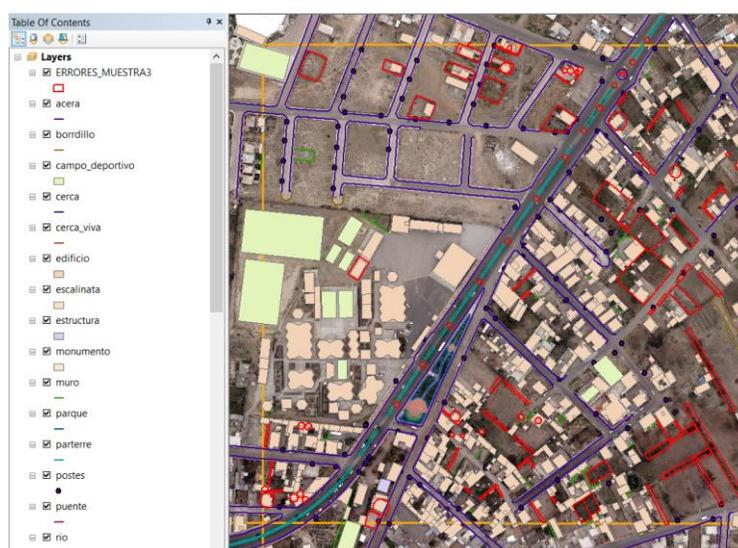


Figura 40 Errores dentro de la zona de muestreo.

En la tabla de atributos de cada shape de errores se crea una columna en la cual se pueda escribir el tipo de error que se está observando (Figura 41). En la revisión dentro de cada muestra se encontrarán errores de mal trazo, o de clasificación, esos errores deben ser reportados en el parámetro de exactitud temática (UNE-EN ISO 19157, 2014).

FID	Shape*	Id	ERROR
0	Polygon	0	OMISION
1	Polygon	0	OMISION
2	Polygon	0	OMISION
3	Polygon	0	OMISION
4	Polygon	0	OMISION
5	Polygon	0	OMISION
6	Polygon	0	OMISION
7	Polygon	0	OMISION
8	Polygon	0	OMISION
9	Polygon	0	MAL TRAZO
10	Polygon	0	OMISION
11	Polygon	0	MAL TRAZO
12	Polygon	0	MAL TRAZO
13	Polygon	0	MAL TRAZO
14	Polygon	0	MAL TRAZO
15	Polygon	0	MAL TRAZO
16	Polygon	0	OMISION
17	Polygon	0	OMISION
18	Polygon	0	OMISION
19	Polygon	0	MAL TRAZO
20	Polygon	0	MAL TRAZO
21	Polygon	0	CLASIFICACION
22	Polygon	0	OMISION

Figura 41 Tabla de atributos con la descripción del tipo de error.

3.5.1 Identificación de Comisiones

La comisión es la presencia de objetos donde no deberían estar, dentro de esta revisión se encontrarán errores de clasificación de objetos geográficos como, por ejemplo, se digitaliza un edificio y es un parque, estos errores se reportan en exactitud temática (UNE-EN ISO 19157, 2014). Un ejemplo de error encontrado de comisión dentro de la cartografía se indica la Figura 42, donde están digitalizados objetos “edificios” en lugares que no existen edificios, los cuales están marcados de color rojo.



Figura 42 Errores de Comisión.

3.5.2 Identificación de Omisiones

De la muestra anteriormente seleccionada (Figura 33), la verificación de omisión es total en cada muestra, por lo tanto, los objetos que están dentro del recuadro (Figura 39) son los que se va a evaluar (UNE-EN ISO 19157, 2014).

La omisión es la ausencia de objetos donde se deberían encontrar. Un ejemplo de error encontrado de comisión dentro de la cartografía (Figura 43), son los objetos geográficos “postes” de geometría puntos que en este caso son representados de color verde, los círculos rojos muestran postes que no han sido digitalizados, por ende, se reportan como errores de omisión (UNE-EN ISO 19157, 2014).

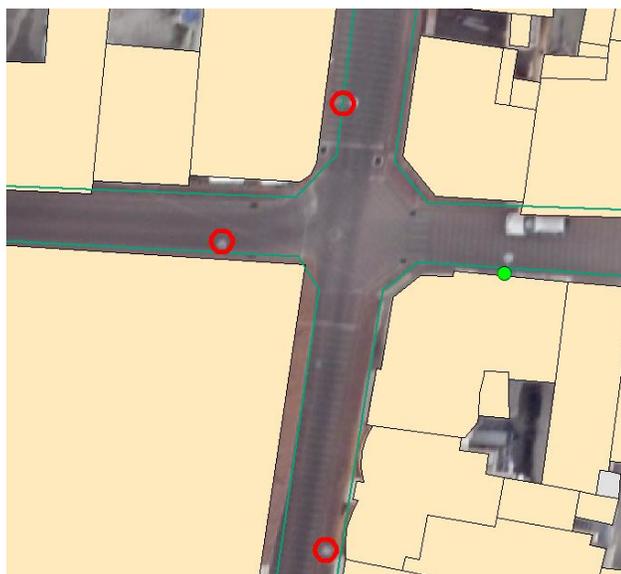


Figura 43 Errores de Omisión.

3.6 Determinación de Exactitud Temática

La verificación de la exactitud temática se puede hacer en conjunto con la revisión de la completión, y reportarse en conjunto, puesto que las revisiones son de la misma cantidad de objetos geográficos dentro de la cartografía (Instituto Geográfico Militar, 2017).

3.6.1 Corrección de la clasificación

Para la corrección de la clasificación de objetos geográficos se debe tener en cuenta muy bien los conceptos de cada uno de los objetos a representar, los cuales están expuestos en el esquema conceptual dentro de la Tabla 9 y Tabla 10. Como ejemplo se tiene la Figura 44, donde el recuadro de color azul representa el objeto plataforma, pero se puede visualizar claramente que es un parqueadero debido a su definición dentro del catálogo de objetos del

IGM “Lugar destinado generalmente para estacionar vehículos”, por lo tanto, este es un error de clasificación dentro de la cartografía (UNE-EN ISO 19157, 2014).



Figura 44 Error de mal clasificación de los objetos.

3.6.2 Identificación de Malos Trazos

En este punto, se agrega la verificación de mal trazado, el Instituto Geográfico Militar lo reporta como parte de la consistencia lógica topológica, ya que el IGM primero saca la muestra y en conjunto revisan todos los parámetros de calidad excluyendo a la exactitud posicional, pero como se vio anteriormente la consistencia topológica se la revisa completamente de toda la cartografía, pero el mal trazado de cada uno de los componentes se lo puede evaluar a través de un muestreo, debido a que es un error de exactitud más que de topología (Instituto Geográfico Militar, 2017). En la figura 45 se puede observar un ejemplo de mal trazo, donde la digitalización de los objetos “edificio” y “escalinata” no contienen el objeto que representan.



Figura 45 Error de mal trazo.

3.7 Cálculo de la Calidad Total de la Cartografía

El resultado agregado a la evaluación de la calidad de la cartografía que nombra la ISO 19157, es la ponderación de los resultados obtenidos, a través de la razón de no conformidad expresada como ratio-1, obtenida con la resta de 1 menos la división entre el número de errores encontrados para el número ítems revisados (Tabla 23). Luego se multiplican los valores obtenidos por los pesos dados para obtener los valores ponderados, y la suma de esos valores dará la calidad total de la cartografía (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Los pesos que se le da a cada elemento, se los puede obtener de manera subjetiva, como el criterio de la persona, o de manera objetiva (estadísticamente).

Tabla 23*Ejemplo de cálculo de un resultado agregado de evaluación de calidad ISO 19157*

Objeto geográfico	Número de items en el lote	Número de items no conformes	Razón de no conformidad	Proporción de exactitud (definida como ratio-1)	Pesos	Valor ponderado (proporción de exactitud x peso)
Sección de carretera	19					
Incorrecto		1				
Falta		0	4 / 19	0,79	50%	0,3950
Exceso		3				
Nombre de la calle						
Nombre base	19	5	5 / 19	0,74	15%	0,1110
Sentido	19	1	1 / 19	0,95	25%	0,2375
Hidrografía	1	0	0 / 1	1,00	10%	0,1000
Exactitud total	(definida como la suma de las proporciones de exactitudes ponderadas *100)					84,35%
NOTA 1 Un ítem se define como una sección de carretera cuando está limitado por puntos de intersección con otras carreteras o con límites de la unidad de muestreo.						
NOTA 2 La agregación de información de calidad de datos, especialmente el uso de pesos, no significa mucho para los usuarios finales y puede ser engañosa dependiendo de los pesos utilizados por el productor de datos.						

Fuente: (UNE-EN ISO 19157, 2014)

Para este proceso se propone obtener los pesos a través del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) de Saaty, evaluando sobre el 100% la calidad de la cartografía, y los criterios son los cuatro parámetros de evaluación, que a su vez consistencia lógica contiene la consistencia de formato, concepto, dominio y topología (Figura 46). Los valores que se utilizan para definir los criterios dentro de la matriz mantienen la escala de 1 al 9 como se menciona en la Tabla 8 (Saaty, 2008).

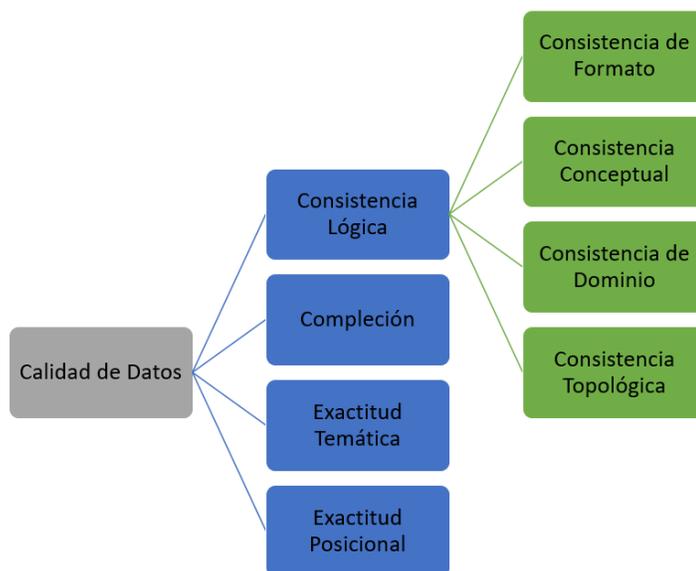


Figura 46 Jerarquía de Calidad de Datos.

En este caso se construye dos matrices de comparación en pares, una para los criterios micro dentro de la consistencia lógica (Tabla 24) y otra para los criterios macro que son los parámetros de la calidad (Tabla 25). Dentro de la matriz se confrontan cada uno de los criterios de forma biunívoca, es decir, par a par, cumpliendo el axioma de recíprocos (Saaty, 2008). Los criterios son: Consistencia Lógica, Compleción, Exactitud Temática y Exactitud Posicional. Dentro de la Consistencia Lógica se encuentran los criterios de formato, concepto, dominio y topología (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Tabla 24*Matriz de comparación de pares (Consistencia Lógica)*

Criterios	Consistencia formato	Consistencia conceptual	Consistencia dominio	Consistencia topológica
Consistencia formato	1	1/2	1/2	1/3
Consistencia conceptual	2	1	1/2	1/3
Consistencia dominio	2	2	1	1/3
Consistencia topológica	3	3	3	1
Suma	8	6,5000	5	2,0000

Tabla 25*Matriz de comparación de pares de parámetros de la Calidad de Datos*

Criterios	Consistencia Lógica	Compleción	Exactitud Temática	Exactitud Posicional
Consistencia Lógica	1	1/2	1	1
Compleción	2	1	1/2	1/2
Exactitud Temática	1	2	1	1/3
Exactitud Posicional	1	2	3	1
Suma	5	5,5000	5,5	2,8

Después de haber realizado las comparaciones de todos los criterios, se normaliza cada matriz, es decir, se divide cada uno de los términos de la matriz sobre la suma de sus columnas, obteniendo las matrices Tabla 26 y Tabla 27. Para obtener los valores ponderados de cada criterio se promedia los valores de las filas correspondientes.

Tabla 26*Matriz Normalizada y Pesos de los Criterios de Consistencia Lógica*

Criterios	1	2	3	4	Pesos
Consistencia formato	0,125	0,076923	0,1000	0,1667	0,1171
Consistencia conceptual	0,25	0,153846	0,1000	0,1667	0,1676
Consistencia dominio	0,25	0,307692	0,2000	0,1667	0,2311
Consistencia topológica	3/8	1/2	0,6000	0,5000	0,4841
					1,0000

Tabla 27*Matriz Normalizada y Pesos de los parámetros de la Calidad de Datos*

Criterios	1	2	3	4	Pesos
Consistencia Lógica	0,2000	0,0909	0,1818	0,3529	0,2064
Compleción	0,4000	0,1818	0,0909	0,1765	0,2123
Exactitud Temática	0,2000	0,3636	0,1818	0,1176	0,2158
Exactitud Posicional	0,2000	0,3636	0,5455	0,3529	0,3655
					1,0000

Siguiendo la jerarquía los pesos de cada parámetro sería como indica la Figura 47, donde el peso de cada parámetro de consistencia lógica, es la multiplicación de su valor macro con su valor micro. La suma de todos los valores debe ser igual a 1, si se los quiere expresar en porcentaje se multiplica por 100 (Saaty, 2008).

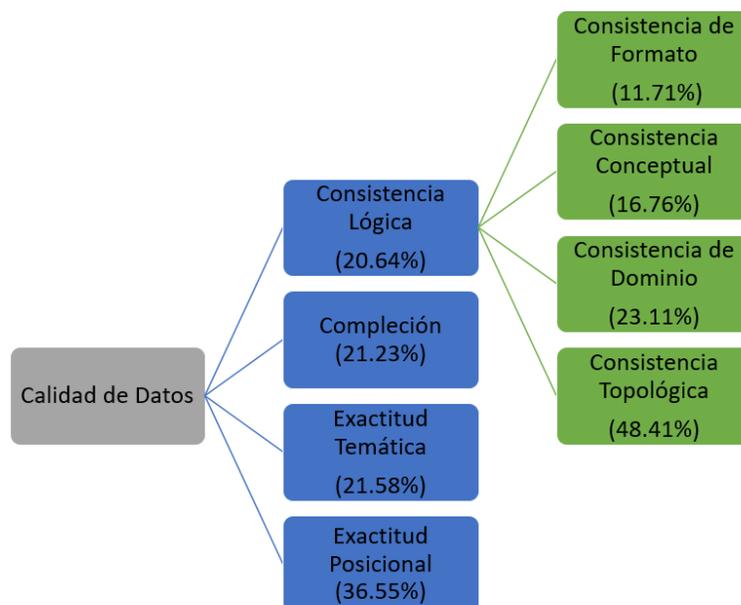


Figura 47 Pesos en la Jerarquía de Calidad de Datos.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Reporte de Consistencia Lógica

4.1.1 Reporte de Consistencia de Formato

Los objetos geográficos expuestos a la evaluación de formato son correctamente presentados en conjunto como una geodatabase, cada objeto debe presentar diferentes geometrías ya sea línea, punto o polígono dependiendo del esquema conceptual de presentación. Los objetos que no se encuentran dentro del esquema conceptual, es decir, el catálogo de objetos del IGM no pasan la verificación de formato, los elementos repetidos, duplicado o triplicados, constan como un error de formato, en la Tabla 28 se puede visualizar el reporte del conjunto de datos. Los errores reportados no deben volverse a contar dentro de las siguientes evaluaciones (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Tabla 28

Reporte de Conformidad de Consistencia de Formato

OBJETO	ELEMENTO DE LA CALIDAD	REQUISITO DE CALIDAD DE DATOS	NÚMERO DE EVALUACIONES	PASA
ACEQUIA	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
ACERA	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
ALCANTARRILLA	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	NO

Continúa

BORDILLO	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
CANAL	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
CERCA	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
CERCA VIVA	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
CERRAMIENTO	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	NO
CURVAS DE NIVEL	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
EJE VIAL	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	NO
LOTES	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	NO
MURO	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
PARQUE	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
PARTERRE	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
PUENTE	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
RIO	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
VIA RUTA	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	NO
VIAS TOTAL	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	NO
CAMPO DEPORTIVO	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
EDIFICIO	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
ESCALINATA	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
ESTRUCTURA	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
GRADA	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	NO

Continúa

MONUMENTO	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
PISCINA	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
RESERVORIO DE AGUA	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	NO
PLATAFORMA	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
TANQUE	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
TORRE	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
COTA	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI
PUNTOS	Consistencia de Formato	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos definidos en el catálogo de objetos	1	SI

Los objetos geográficos que no pasan la revisión de formato son: *eje_vial*, *vía_ruta*, *vías_total* por duplicidad de elementos, ya que estos objetos debieron ser representados como un solo elemento, y dentro de sus atributos escribir el dominio al que pertenecen. Los objetos geográficos *lotes*, *cerramiento*, *grada*, *reservorio_de_agua*, no se encuentran dentro del catálogo de objetos y *manzanas* no está dentro de la base de datos, por lo tanto, tampoco pasan la evaluación de formato (UNE-EN ISO 19157, 2014). Al no tener bien nombrado los objetos, también se puede reportar como error de clasificación dentro de exactitud temática, pero si se lo hace el mismo error quedará reportado doble vez (UNE-EN ISO 19157, 2014). Los errores en el conjunto de datos son 9 y según la Tabla 19 de la ISO no pasa la evaluación (Tabla 29) (NTE INEN-ISO 2859-1, 2009).

Tabla 29*Reporte de conformidad de Consistencia de Formato*

ÁMBITO	NÚMERO INSPECCIÓN	ACEPTACIÓN	RECHAZO	PARÁMETRO	ERRORES	NÚMERO DE EVALUACIONES	PASA
Conjunto de datos	32	7	8	Consistencia Formato	9	1	NO

4.1.2 Reporte de Consistencia Conceptual y Dominio

El conjunto de datos de evaluación debe pertenecer a un esquema conceptual organizado en el cual contenga categorías, subcategoría, objetos geográficos y atributos (DGIWG, 2000). Hay que tomar en cuenta que dentro de los atributos de los objetos geográficos se puede encontrar el dominio de los objetos, por lo tanto, se puede reportar la información en un solo reporte el cual se expone en la Tabla 30, donde el conjunto de datos no presenta ninguna de las características de un esquema conceptual y no hay mayor información de los atributos que la longitud, en caso de ser un objeto de tipo Línea, perímetro y área en el caso de ser un objeto de tipo polígono y las coordenadas X y Y en caso de ser Punto (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Tabla 30*Reporte de conformidad de Consistencia Conceptual y Dominio*

ÁMBITO	ELEMENTO DE LA CALIDAD	REQUISITO DE CALIDAD DE DATOS	NÚMERO DE EVALUACIONES	PASA
CONJUNTO DE DATOS	Consistencia Conceptual	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los objetos geográficos y los atributos definidos en el esquema conceptual	1	NO
CONJUNTO DE DATOS	Consistencia de Dominio	Solo pueden estar presentes en el conjunto de datos los tipos de objetos geográficos con su respectivo dominio definidos en el esquema conceptual	1	NO

4.1.3 Reporte de Consistencia Topológica

La topología es una parte fundamental dentro de la revisión de la cartografía, con lo cual, todos los datos son inspeccionados, con un margen de error menor al 10% para pasar la evaluación topológica (Instituto Geográfico Militar, 2017).

Existen dos formas de representación de resultados, la primera se obtiene con el índice de error dividiendo el número de errores para los ítems revisados, y multiplicándolo por 100 para obtener el porcentaje, como se muestra en la Tabla 31; sin embargo este método solo es utilizado cuando se va a colocar pesos a cada elemento (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Tabla 31

Reporte de Consistencia Topológica según su objeto geográfico

OBJETO	NÚMERO INSPECCIÓN	ERRORES	ÍNDICE DE ERROR	PORCENTAJE DE ERROR
ACEQUIA	20	5	0,25000	25,00%
ACERA	596	164	0,27517	27,52%
BORDILLO	66	13	0,19697	19,70%
CANAL	1	0	0,00000	0,00%
CERCA	35	3	0,08571	8,57%
CERCA VIVA	78	4	0,05128	5,13%
CURVAS DE NIVEL	587	233	0,39693	39,69%
MURO	999	46	0,04605	4,60%
PARQUE	58	3	0,05172	5,17%
PARTERRE	75	7	0,09333	9,33%
PUENTE	45	22	0,48889	48,89%
RIO	4	3	0,75000	75,00%
CAMPO DEPORTIVO	107	2	0,01869	1,87%
EDIFICIO	21842	5134	0,23505	23,51%
ESCALINATA	1009	5	0,00496	0,50%
ESTRUCTURA	158	10	0,06329	6,33%
MONUMENTO	6	0	0,00000	0,00%
PISCINA	1	0	0,00000	0,00%
PLATAFORMA	2	0	0,00000	0,00%
TANQUE	10	1	0,10000	10,00%
TORRE	1	0	0,00000	0,00%
TOTAL	25700	5655	0,14800	14,80%

Hay que recordar que cuando se trata de un conteo de objetos no se compara directamente con el porcentaje de aceptación, sino utilizando la tabla de inspección normal. Lo que nos lleva a la segunda y más óptima representación de resultados, que se obtiene a través del límite de calidad aceptable (10 %) y los valores de la Tabla 19, dando un número de aceptación y rechazo, dependiendo el número de ítems inspeccionados, tal como se indica en la Tabla 32. Si el error sobrepasa el límite de aceptación no pasa (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Tabla 32

Reporte de Conformidad de Consistencia Topológica según su objeto geográfico

OBJETO	NÚMERO INSPECCIÓN	ACEPTACIÓN	RECHAZO	ERRORES	NÚMERO DE EVALUACIONES	PASA
ACEQUIA	20	5	6	5	1	SI
ACERA	596	21	22	164	1	NO
BORDILLO	66	10	11	13	1	NO
CANAL	1	0	1	0	1	SI
CERCA	35	7	8	3	1	SI
CERCA VIVA	78	10	11	4	1	SI
CURVAS DE NIVEL	587	21	22	233	1	NO
MURO	999	21	22	46	1	NO
PARQUE	58	10	11	3	1	SI
PARTERRE	75	10	11	7	1	SI
PUENTE	45	7	8	22	1	NO
RIO	4	1	2	3	1	NO
CAMPO DEPORTIVO	107	14	15	2	1	SI
EDIFICIO	21842	21	22	5134	1	NO
ESCALINATA	1009	21	22	5	1	SI
ESTRUCTURA	158	21	22	10	1	SI
MONUMENTO	6	1	2	0	1	SI
PISCINA	1	0	1	0	1	SI
PLATAFORMA	2	1	2	0	1	SI
TANQUE	10	2	3	1	1	SI
TORRE	1	0	1	0	1	SI

Los objetos que no pasan la evaluación de Topología son: *acera, bordillo, curvas de nivel, muro, puente, rio y edificio*, debido a fallas de continuidad, conexión e intersecciones entre sí mismos o con otros objetos. En la Tabla 32 se puede observar el

número de objetos inspeccionados por cada objeto, hasta que número de errores es aceptado y desde que número es rechazado, el número de errores por cada objeto está dentro de la columna errores; al verificar si el número de errores está dentro de los límites se obtiene la conformidad de si pasa o no pasa el objeto la evaluación. Por, lo tanto, los objetos acera, bordillo, curvas de nivel, muro, puente, rio, edificio superaron los límites de error permitido y no pasan la evaluación de consistencia topológica (UNE-EN ISO 19157, 2014).

4.2 Reporte de Exactitud Posicional

Para los resultados obtenidos con el método de error cuadrático medio a través del Test NSSDA, la cartografía en planimetría según el ente regulador que es el Instituto Geográfico Militar, indica que la Precisión que se debe obtener es a $0.3\text{mm} * \text{el factor de escala}$, obteniendo como resultados que: $\text{Precisión Planimétrica} = 0.3\text{mm} * 1000 = 300\text{mm}$. Por lo tanto, la precisión en planimetría no debe pasar de 30 cm a escala 1:1000 (Instituto Geográfico Militar, 2016).

Aplicando el Test NSSDA de cada hoja se obtiene los resultados expuestos en la Tabla 33, Tabla 34, Tabla 35, Tabla 36 y Tabla 37 de las 5 hojas de muestras respectivamente (FGDC, 1998).

Tabla 33
Aplicación del Test NSSDA para la muestra 1

n°	x_{data}	y_{data}	x_{check}	y_{check}	$x_{data} - x_{check}$	$y_{data} - y_{check}$	$(x_{data} - x_{check})^2$	$(y_{data} - y_{check})^2$
1	755930,9403	9893975,153	755930,8591	9893975,251	0,081157001	-0,098180011	0,006586459	0,009639315
2	755869,0259	9893822,455	755869,198	9893822,382	-0,172123999	0,073160009	0,029626671	0,005352387
3	755822,3935	9893984,368	755822,5331	9893984,271	-0,139562001	0,096580001	0,019477552	0,009327697
4	755739,9173	9893961,849	755740,01	9893961,78	-0,092699	0,06862	0,008593105	0,004708704
5	755753,4698	9893907,692	755753,5963	9893907,514	-0,126518	0,17436	0,016006804	0,030401409
6	755685,8253	9893836,321	755685,9783	9893836,474	-0,153048999	-0,152720001	0,023423996	0,023323399
7	755616,317	9893765,753	755616,2508	9893765,583	0,066180001	0,17032999	0,004379793	0,029012305
8	755532,3489	9893748,486	755532,3065	9893748,569	0,042351	-0,08365001	0,001793607	0,006997324
9	755582,0231	9893657,681	755582,0055	9893657,683	0,017675999	-0,00128999	0,000312441	1,66407E-06
10	755538,9474	9893561,837	755538,9634	9893561,849	-0,015963	-0,011919999	0,000254817	0,000142086
11	755714,461	9893607,191	755714,3638	9893607,189	0,097246	0,00200999	0,009456785	4,04006E-06
12	755693,6025	9893660,064	755693,2577	9893659,91	0,344709	0,15374	0,118824295	0,023635988
13	755834,2171	9893666,064	755834,3647	9893666,023	-0,147560001	0,04132	0,021773954	0,001707342
14	755951,503	9893663,975	755951,5665	9893663,768	-0,063489001	0,206879988	0,004030853	0,04279933
15	755945,421	9893769,323	755945,7182	9893769,2	-0,297188001	0,12256	0,088320708	0,015020954
16	755763,6266	9893739,841	755763,6877	9893739,715	-0,061132001	0,12669	0,003737122	0,016050356
17	755913,7542	9893547,606	755913,8941	9893547,594	-0,139898999	0,011939989	0,01957173	0,000142563
18	755844,0601	9893543,353	755844,3552	9893543,273	-0,295128999	0,080870001	0,087101126	0,006539957
19	755600,7083	9893843	755600,867	9893842,858	-0,158666	0,142320011	0,0251749	0,020254985
20	755619,6782	9893912,765	755619,5584	9893912,746	0,119853999	0,01886999	0,014364981	0,000356077
	$\sum (x_{y_{data,i}} - x_{y_{check,i}})^2 / n$						0,025140585	0,012270894
	$RMSE_x = \text{sqrt} \left[\sum (x_{data,i} - x_{check,i})^2 / n \right]$							0,158557828
	$RMSE_y = \text{sqrt} \left[\sum (y_{data,i} - y_{check,i})^2 / n \right]$							0,110774068
	$Exactitud_r = 2.1460 * 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y)$							0,288400594

Tabla 34
Aplicación del Test NSSDA para la muestra 2

n°	x_{data}	y_{data}	x_{check}	y_{check}	$x_{data} - x_{check}$	$y_{data} - y_{check}$	$(x_{data} - x_{check})^2$	$(y_{data} - y_{check})^2$
1	756447,0411	9894122,915	756446,6955	9894122,917	0,345695	-0,001899989	0,119505033	3,60996E-06
2	756456,6924	9894049,837	756456,9411	9894049,745	-0,248627	0,091669999	0,061815385	0,008403389
3	756613,5356	9894038,123	756613,3548	9894038,131	0,180781999	-0,000777	0,032682131	6,03729E-05
4	756698,2709	9894024,077	756697,8841	9894023,842	0,386828	0,23538	0,149635902	0,055403744
5	756720,1435	9894113,445	756719,8511	9894113,523	0,29233	-0,07823001	0,085456829	0,006119935
6	756786,8731	9894178,524	756786,6982	9894178,557	0,174879001	-0,033580011	0,030582665	0,001127617
7	756734,3207	9894189,521	756734,0546	9894189,706	0,266035	-0,18512	0,070774621	0,034269414
8	756617,0645	9894190,237	756617,1269	9894190,381	-0,062446999	-0,14358001	0,003899628	0,020615219
9	756479,3131	9894187,413	756479,5289	9894187,434	-0,215763999	-0,020409999	0,046554103	0,000416568
10	756870,7548	9894039,554	756870,5692	9894039,592	0,185501	-0,0384	0,034410621	0,00147456
11	756731,6247	9894247,833	756731,5076	9894247,867	0,117113999	-0,03394999	0,013715689	0,001152602
12	756869,3657	9894300,051	756869,2729	9894300,264	0,092755	-0,212929999	0,00860349	0,045339185
13	756717,3098	9894332,004	756717,1365	9894331,77	0,173310001	0,23376001	0,030036356	0,054643742
14	756607,5088	9894275,506	756607,7354	9894275,705	-0,226616999	-0,19867	0,051355264	0,039469769
15	756499,8426	9894277,664	756499,8096	9894277,716	0,03295	-0,05233	0,001085703	0,002738429
16	756513,476	9894365,981	756513,7007	9894366,398	-0,224642001	-0,4169	0,050464029	0,17380561
17	756440,1519	9894428,793	756440,2786	9894428,999	-0,126659999	-0,206260011	0,016042755	0,042543192
18	756627,9768	9894422,223	756627,9417	9894422,283	0,035073	-0,060579989	0,001230115	0,003669935
19	756772,0607	9894437,118	756771,8892	9894437,04	0,171459	0,07839999	0,029398189	0,006146558
20	756872,7978	9894419,583	756872,7359	9894419,874	0,061889	-0,29054999	0,003830248	0,084419297
	$\sum (x_{y_{data,i}} - x_{y_{check,i}})^2 / n$						0,042053938	0,029091137
	$RMSE_x = \text{sqrt} \left[\sum (x_{data,i} - x_{check,i})^2 / n \right]$							0,205070568
	$RMSE_y = \text{sqrt} \left[\sum (y_{data,i} - y_{check,i})^2 / n \right]$							0,170561242
	$Exactitud_r = 2.1460 * 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y)$							0,402226542

Tabla 35
Aplicación del Test NSSDA para la muestra 3

n°	x_{data}	y_{data}	x_{check}	y_{check}	$x_{data} - x_{check}$	$y_{data} - y_{check}$	$(x_{data} - x_{check})^2$	$(y_{data} - y_{check})^2$
1	756925,454	9894464,094	756925,3604	9894464,137	0,093608999	-0,04284	0,008762645	0,001835266
2	757017,5944	9894538,166	757017,7149	9894538,363	-0,120504001	-0,19652999	0,014521214	0,038624037
3	756920,0803	9894603,953	756920,052	9894603,948	0,028321001	0,00548999	0,000802079	3,014E-05
4	756947,7672	9894694,08	756947,7047	9894694,185	0,062481001	-0,105619989	0,003903875	0,011155582
5	757074,826	9894661,117	757074,741	9894661,012	0,08503	0,104540011	0,007230101	0,010928614
6	757046,0799	9894777,975	757045,9844	9894777,828	0,095555	0,14775	0,009130758	0,021830062
7	756976,3592	9894835,894	756976,2078	9894835,851	0,151376	0,04336	0,022914693	0,00188009
8	756915,5259	9894874,45	756915,44	9894874,451	0,085951	-0,001	0,007387574	1E-06
9	757101,9025	9894861,7	757101,7141	9894861,645	0,188438	0,05437001	0,03550888	0,002956098
10	757221,4258	9894879,875	757221,2296	9894879,998	0,196163	-0,12294	0,038479923	0,015114244
11	757339,7012	9894881,424	757339,668	9894881,338	0,033137001	0,08564	0,001098061	0,00733421
12	757271,5224	9894786,262	757271,4824	9894786,147	0,040069999	0,11460001	0,001605605	0,013133162
13	757355,0221	9894687,94	757354,5897	9894687,823	0,432333	0,11748	0,186911823	0,013801551
14	757294,7068	9894683,925	757294,6323	9894683,878	0,074415	0,0473	0,005537592	0,00223729
15	757212,7087	9894601,321	757212,6109	9894601,366	0,097783999	-0,045130011	0,00956171	0,002036718
16	757267,8892	9894556,192	757268,2945	9894556,121	-0,405359	0,0712	0,164315919	0,00506944
17	757182,6171	9894493,989	757182,5351	9894494,186	0,082006	-0,19655	0,006724984	0,038631903
18	757083,3476	9894521,092	757083,3699	9894521,28	-0,022310999	-0,188560011	0,000497781	0,035554878
19	757193,766	9894727,335	757193,6932	9894727,436	0,07281	-0,10098999	0,005301296	0,010198978
20	757201,5264	9894801,937	757201,4945	9894802,127	0,031846	-0,18932	0,001014168	0,035842062
$\sum (x_{data,i} - x_{check,i})^2 / n$							0,026560534	0,013409766
$RMSE_x = \sqrt{\sum (x_{data,i} - x_{check,i})^2 / n}$								0,162974029
$RMSE_y = \sqrt{\sum (y_{data,i} - y_{check,i})^2 / n}$								0,115800545
$Exactitud_r = 2.1460 * 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y)$								0,298511813

Tabla 36
Aplicación del Test NSSDA para la muestra 4

n°	x_{data}	y_{data}	x_{check}	y_{check}	$x_{data} - x_{check}$	$y_{data} - y_{check}$	$(x_{data} - x_{check})^2$	$(y_{data} - y_{check})^2$
1	756494,3156	9895499,297	756494,2056	9895499,53	0,110014	-0,23281	0,01210308	0,054200496
2	756528,8389	9895471,528	756528,8544	9895471,476	-0,015547	0,05209	0,000241709	0,002713368
3	756491,2816	9895387,4	756491,1707	9895387,279	0,110900001	0,121569989	0,01229881	0,014779262
4	756533,6764	9895407,491	756533,4869	9895407,628	0,18956	-0,13699	0,035932994	0,01876626
5	756729,6293	9895375,42	756729,783	9895375,621	-0,153771	-0,20029	0,02364552	0,040116084
6	756746,3287	9895419,366	756746,3343	9895419,301	-0,005525	0,06554999	3,05256E-05	0,004296801
7	756832,2006	9895374,596	756832,0023	9895374,717	0,198211999	-0,121370001	0,039287997	0,014730677
8	756548,0016	9895594,59	756547,8007	9895594,629	0,200955	-0,03926	0,040382912	0,001541348
9	756646,2333	9895580,583	756646,3165	9895580,376	-0,083165001	0,20716	0,006916417	0,042915265
10	756705,4146	9895567,152	756705,6085	9895567,044	-0,193957	0,10829	0,037619318	0,011726724
11	756541,5861	9895683,048	756541,437	9895682,951	0,149016	0,09699999	0,022205768	0,009408998
12	756466,5973	9895766,076	756466,5808	9895766,145	0,016461001	-0,068659989	0,000270965	0,004714194
13	756564,1613	9895770,974	756564,3039	9895771,176	-0,142599001	-0,20250999	0,020334475	0,041010296
14	756633,052	9895722,817	756633,2618	9895722,974	-0,209802999	-0,15707	0,044017298	0,024670985
15	756720,9751	9895708,945	756721,2048	9895709,054	-0,229713	-0,108730011	0,052768062	0,011822215
16	756857,2912	9895643,499	756857,506	9895643,554	-0,214744	-0,05443999	0,046114986	0,002963712
17	756891,1976	9895635,698	756891,366	9895635,834	-0,168451	-0,136229999	0,028375739	0,018558613
18	756880,8439	9895736,721	756880,9175	9895736,791	-0,073579999	-0,07003	0,005414016	0,004904201
19	756770,275	9895773,436	756770,2305	9895773,466	0,044529999	-0,03026	0,001982921	0,000915668
20	756653,2325	9895813,011	756653,3275	9895812,948	-0,094986	0,06247999	0,00902234	0,003903749
$\sum (x_{data,i} - x_{check,i})^2 / n$							0,021948293	0,016432946
$RMSE_x = \sqrt{\sum (x_{data,i} - x_{check,i})^2 / n}$								0,148149562
$RMSE_y = \sqrt{\sum (y_{data,i} - y_{check,i})^2 / n}$								0,128191052
$Exactitud_r = 2.1460 * 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y)$								0,29590553

Tabla 37
Aplicación del Test NSSDA para la muestra 5

n°	x_{data}	y_{data}	x_{check}	y_{check}	$x_{data} - x_{check}$	$y_{data} - y_{check}$	$(x_{data} - x_{check})^2$	$(y_{data} - y_{check})^2$	
1	756905,034	9897480,516	756905,094	9897480,554	-0,060005	-0,03849999	0,0036006	0,001482249	
2	756908,8704	9897559,669	756908,8626	9897559,865	0,007851999	-0,19584001	6,16539E-05	0,03835331	
3	756925,5305	9897656,939	756925,5877	9897656,936	-0,057275999	0,003599999	0,00328054	1,296E-05	
4	757113,7462	9897479,293	757113,6639	9897479,297	0,082358	-0,00403999	0,00678284	1,63215E-05	
5	757095,9182	9897514,559	757095,9754	9897514,673	-0,057184999	-0,11381999	0,003270124	0,01295499	
6	757129,7313	9897536,046	757129,7991	9897536,029	-0,067752999	0,01717999	0,004590469	0,000295152	
7	757097,8931	9897645,435	757097,7388	9897645,236	0,154308	0,198709989	0,023810959	0,03948566	
8	757238,1508	9897661,865	757238,0464	9897662,045	0,104443999	-0,180339999	0,010908549	0,032522515	
9	757144,7565	9897436,222	757144,7987	9897436,158	-0,042225	0,06374	0,001782951	0,004062788	
10	757264,459	9897377,955	757264,3149	9897378,189	0,144158999	-0,23425	0,020781817	0,054873062	
11	757265,4556	9897303,144	757265,2799	9897303,24	0,175675999	-0,09609	0,030862057	0,009233288	
12	757341,0342	9897293,147	757341,1741	9897293,105	-0,139987001	0,04236	0,01959636	0,00179437	
13	757290,0379	9897405,087	757290,1943	9897405,307	-0,156384999	-0,21992	0,024456268	0,048364806	
14	757002,2003	9897419,504	757002,2438	9897419,708	-0,043555	-0,203679999	0,001897038	0,041485542	
15	757047,8793	9897365,603	757047,8865	9897365,728	-0,007182	-0,12445	5,15811E-05	0,015487803	
16	757115,7302	9897331,591	757115,6782	9897331,579	0,052035001	0,012339991	0,002707641	0,000152275	
17	757151,9599	9897239,01	757151,8434	9897239,12	0,116489	-0,10989999	0,013569687	0,012078008	
18	757173,8366	9897271,136	757173,7329	9897271,192	0,103615	-0,05594999	0,010736068	0,003130401	
19	757246,3456	9897223,419	757246,2346	9897223,401	0,110946	0,01839	0,012309015	0,000338192	
20	757116,5245	9897297,797	757116,5271	9897297,777	-0,002657	0,02011	7,05965E-06	0,000404412	
							$\sum (x_{data,i} - x_{check,i})^2 / n$	0,009753164	0,015826405
							$RMSE_x = \sqrt{\sum (x_{data,i} - x_{check,i})^2 / n}$		0,098758108
							$RMSE_y = \sqrt{\sum (y_{data,i} - y_{check,i})^2 / n}$		0,125803042
							$Exactitud_r = 2.1460 * 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y)$		0,240460079

Del cálculo de cada muestra se tiene los resultados expuestos en la Tabla 38, donde en el cual la precisión máxima permitida según el Instituto Geográfico Militar es 0,30 m (Instituto Geográfico Militar, 2016).

Tabla 38
Exactitud Posicional por cada hoja de muestra

N°	RESULTADO (m)	PRECISIÓN (m)	PASA
Muestra 1	0,2884	0,30	SI
Muestra 2	0,4022	0,30	NO
Muestra 3	0,2985	0,30	SI
Muestra 4	0,2959	0,30	SI
Muestra 5	0,2405	0,30	SI

Se puede observar en la Tabla 38 que los resultados están dentro de precisión esperada excepto uno, el cual tiene un valor de 0,40 m, entonces esta hoja no entra dentro de la precisión, por lo que, es rechazada (Instituto Geográfico Militar, 2016).

El reporte de evaluación de calidad de exactitud posicional se observa en la Tabla 39, como se sabe los límites de rechazo y aceptación son obtenidos de a Tabla 19 conociendo que el límite máximo permitido de error es del 10 %; para rechazar la cartografía los datos deben tener más de dos hojas rechazadas, mientras que se acepta si solo una está equivocada (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Tabla 39

Reporte de Conformidad de Exactitud Posicional del Conjunto de Datos

ÁMBITO	HOJAS MUESTRA	ACEPTACIÓN	RECHAZO	PARÁMETRO	HOJAS ERROR	NÚMERO DE EVALUACIONES	PASA
Conjunto de datos	5	1	2	Exactitud Posicional	1	1	SI

4.3 Reporte de Compleción

El reporte de la compleción, se requiere saber el número de objetos revisados por cada hoja de muestra, para esto se exportaron todos los objetos dentro de cada hoja y se seleccionaron espacialmente cuántos están dentro de cada hoja, el número total de cada objeto debe coincidir con la suma de los mismos en cada hoja, y el total de objetos dentro de cada hoja sería la suma de la cantidad de objetos por hoja como se presenta en la Tabla 40 (ESRI, 2019).

Tabla 40*Número de objetos geográficos revisados por hoja de muestra*

OBJETO	HOJA 1	HOJA 2	HOJA 3	HOJA 4	HOJA 5	TOTAL POR OBJETO
ACEQUIA	0	0	0	0	0	0
ACERA	18	87	40	6	4	155
BORDILLO	0	0	4	0	1	5
CANAL	0	0	0	0	0	0
CERCA	0	0	0	0	1	1
CERCA VIVA	1	0	0	0	1	2
MURO	23	41	37	27	29	157
PARQUE	0	16	5	0	0	21
PARTERRE	0	25	9	0	0	34
PUENTE	4	0	0	0	0	4
RIO	3	0	0	0	0	3
CAMPO DEPORTIVO	5	6	12	2	3	28
EDIFICIO	1791	1322	778	377	175	4443
ESCALINATA	80	36	84	0	2	202
ESTRUCTURA	0	4	2	5	0	11
MONUMENTO	1	0	1	0	0	2
PISCINA	0	0	0	0	0	0
PLATAFORMA	0	2	0	0	0	2
TANQUE	0	0	0	0	0	0
TORRE	0	0	0	0	0	0
POSTES	89	185	110	36	17	437
TOTAL OBJETOS POR HOJA	2015	1724	1082	453	233	

Una vez obtenido la cantidad de objetos revisados se pasa al conteo de errores tanto de comisión como de omisión dentro de cada hoja obteniendo los siguientes resultados (Tabla 41) (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Tabla 41
Reporte de conformidad de Compleción

MUESTRA	NÚMERO INSPECCIÓN	ACEPTACIÓN	RECHAZO	PARÁMETRO	ERRORES	TOTAL ERRORES	NÚMERO DE EVALUACIONES	PASA
HOJA 1	2015	21	22	Omisión	162	162	1	NO
				Comisión	0			
HOJA 2	1724	21	22	Omisión	148	154	1	NO
				Comisión	6			
HOJA 3	1082	21	22	Omisión	84	84	1	NO
				Comisión	0			
HOJA 4	453	21	22	Omisión	61	70	1	NO
				Comisión	9			
HOJA 5	233	21	22	Omisión	26	26	1	NO
				Comisión	0			

Los límites de aceptación y rechazo están escritos de acuerdo al tamaño de muestra inspeccionada según la Tabla 19, para cada hoja hay un límite de rechazo y aceptación como se muestra en la Tabla 41 los errores encontrados en cada hoja son reportados como omisiones y comisiones, si el número total de errores sobrepasa los límites de aceptación, la hoja no pasa (UNE-EN ISO 19157, 2014).

La muestra es de 5 hojas y el límite de calidad aceptable es del 10%, la cartografía se acepta si solo una hoja está mal, pero se rechaza a partir de dos hojas malas, por lo tanto, como se indica en la Tabla 42 la cartografía en conjunto no pasa la evaluación de completión.

Tabla 42
Reporte de conformidad de Compleción del conjunto de datos

ÁMBITO	HOJAS MUESTRA	ACEPTACIÓN	RECHAZO	PARÁMETRO	HOJAS ERROR	NÚMERO DE EVALUACIONES	PASA
Conjunto de datos	5	1	2	Compleción	5	1	NO

4.4 Reporte de Exactitud Temática

La exactitud temática considera las mismas 5 hojas anteriores, por ende, la cantidad de objetos evaluados llega a ser el mismo que se expone en la Tabla 40 en la evaluación de compleción (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Los parámetros de evaluación dentro de la exactitud temática son errores por clasificación de objetos y malos trazos, la evaluación fue completa de cada hoja de muestra obteniendo los siguientes resultados expuestos en la Tabla 43 (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Tabla 43
Reporte de conformidad de Exactitud Temática

MUESTRA	NÚMERO INSPECCIÓN	ACEPTACIÓN	RECHAZO	PARÁMETRO	ERRORES	TOTAL ERRORES	NÚMERO DE EVALUACIONES	PASA
HOJA 1	2015	21	22	Clasificación	0	53	1	NO
				Mal Trazo	53			
HOJA 2	1724	21	22	Clasificación	5	53	1	NO
				Mal Trazo	48			
HOJA 3	1082	21	22	Clasificación	5	27	1	NO
				Mal Trazo	22			
HOJA 4	453	21	22	Clasificación	0	7	1	SI
				Mal Trazo	7			
HOJA 5	233	21	22	Clasificación	0	1	1	SI
				Mal Trazo	1			

Conociendo que no debe pasar del 10% de error en cada hoja, a través de la Tabla 19 se obtiene los límites de rechazo y aceptación, por cada hoja de muestra como se muestra en la Tabla 43. Los errores de clasificación son aquellos objetos que fueron dibujados con un nombre de objeto diferente al que pertenecen, mientras que los errores de mal trazo son errores de mal digitalizado o movidos de su posición original de acuerdo a la ortofoto (UNE-EN ISO 19157, 2014). La suma de los errores dentro de cada hoja no debe sobrepasar el límite aceptable de calidad, obteniendo como resultado que las hojas 1, 2 y 3 no pasan la evaluación de exactitud temática, mientras que la hoja 4 y 5 sí (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Para la verificación total de la calidad del conjunto de datos se obtiene la siguiente Tabla 44, en la cual se puede observar que, para una muestra de 5 se acepta si solo se tiene una hoja de error, mientras que si se pasa de las dos hojas es rechazado. El número de hojas que no pasó la evaluación son 3, por lo tanto, la cartografía en general no pasa la evaluación de exactitud temática (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Tabla 44

Reporte de conformidad de Exactitud Temática del conjunto de datos

ÁMBITO	HOJAS MUESTRA	ACEPTACIÓN	RECHAZO	PARÁMETRO	HOJAS ERROR	NÚMERO DE EVALUACIONES	PASA
Conjunto de datos	5	1	2	Exactitud Temática	3	1	NO

4.5 Calidad Total de la Cartografía

La norma ISO 19157 en el Anexo J presenta de manera agregada la exposición de los resultados a través de la ponderación de cada criterio, como se presenta en la Tabla 45, los criterios de evaluación son: Exactitud Posicional, Exactitud Temática, Compleción y Consistencia Lógica (formato, dominio, concepto y topología) (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Tabla 45*Tabla unificada de los reportes de conformidad de cada parámetro de calidad*

ÁMBITO	NÚMERO INSPECCIÓN	ACEPTACIÓN	RECHAZO	PARÁMETRO	ERRORES	NÚMERO DE EVALUACIONES	PASA
Conjunto de datos	32	7	8	Consistencia Formato	9	1	NO
ÁMBITO	NÚMERO INSPECCIÓN	ACEPTACIÓN	RECHAZO	PARÁMETRO	ERRORES	NÚMERO DE EVALUACIONES	PASA
Conjunto de datos	21	5	6	Consistencia Conceptual	21	1	NO
ÁMBITO	NÚMERO INSPECCIÓN	ACEPTACIÓN	RECHAZO	PARÁMETRO	ERRORES	NÚMERO DE EVALUACIONES	PASA
Conjunto de datos	21	5	6	Consistencia Dominio	21	1	NO
ÁMBITO	NÚMERO INSPECCIÓN	ACEPTACIÓN	RECHAZO	PARÁMETRO	ERRORES	NÚMERO DE EVALUACIONES	PASA
Conjunto de datos	21	5	6	Consistencia Topologica	7	1	NO
ÁMBITO	HOJAS MUESTRA	ACEPTACIÓN	RECHAZO	PARÁMETRO	HOJAS ERROR	NÚMERO DE EVALUACIONES	PASA
Conjunto de datos	5	1	2	Compleción	5	1	NO
ÁMBITO	HOJAS MUESTRA	ACEPTACIÓN	RECHAZO	PARÁMETRO	HOJAS ERROR	NÚMERO DE EVALUACIONES	PASA
Conjunto de datos	5	1	2	Exactitud Temática	3	1	NO
ÁMBITO	HOJAS	ACEPTACIÓN	RECHAZO	PARÁMETRO	HOJAS	NÚMERO DE	PASA
Conjunto de datos	5	1	2	Exactitud Posicional	1	1	SI

De los datos que se pueden visualizar en la Tabla 45, para la calidad ponderada únicamente se utilizan los valores de inspección y los errores encontrados dentro de cada criterio. Se divide el número de errores para el número de inspecciones para obtener el índice de error, y por último se representa esos valores como una proporción definida como 1-ratio (Tabla 46) (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Tabla 46*Proporción definida como 1-ratio*

PARÁMETRO	NÚMERO INSPECCIÓN N	ERRORES	ÍNDICE DE ERROR	PROPORCIÓN DEFINIDA COMO 1-RATIO
Consistencia formato	32	9	0,2813	0,7188
Consistencia conceptual	21	21	1	0
Consistencia dominio	21	21	1	0
Consistencia topológica	21	7	0,3333	0,6667
Compleción	5	5	1	0
Exactitud Temática	5	3	0,6	0,4
Exactitud Posicional	5	1	0,2	0,8

Los pesos resultantes del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty mostrados anteriormente en la Figura 47, se exponen en la Tabla 47, los pesos corresponden a cada parámetro de la calidad de datos geográficos, y para expresarlo en porcentaje se lo multiplica por 100, la suma total de los pesos representa el 100% de la calidad cartográfica.

Tabla 47*Pesos de cada parámetro de la Calidad de Datos*

Crterios	PESOS	PORCENTAJE
Consistencia de Formato	0,0242	2,42%
Consistencia Conceptual	0,0346	3,46%
Consistencia de Dominio	0,0477	4,77%
Consistencia Topológica	0,0999	9,99%
Compleción	0,2123	21,23%
Exactitud Temática	0,2158	21,58%
Exactitud Posicional	0,3655	36,55%
Suma	1,0000	100%

Como anteriormente ya se obtuvo la proporción definida como 1-ratio, a este valor se multiplica los pesos obtenidos de cada parámetro de la Tabla 47, a este valor ponderado se lo multiplica por 100 para obtener el porcentaje que representa cada parámetro en la cartografía; y la suma total de todos los porcentajes es la Calidad Total de la Cartografía evaluada (Tabla 48). Obteniendo como resultado el 46,27% de calidad.

Tabla 48

Calidad Total de la Cartografía Urbana del Cantón Pujilí

PARÁMETRO	NÚMERO INSPECCIÓN	ERRORES	ÍNDICE DE ERROR	PROPORCIÓN DEFINIDA COMO 1-RATIO	PESOS	VALOR PONDERADO	PORCENTAJE
Consistencia formato	32	9	0,2813	0,7188	0,0242	0,0174	1,74%
Consistencia conceptual	21	21	1	0	0,0346	0,0000	0,00%
Consistencia dominio	21	21	1	0	0,0477	0,0000	0,00%
Consistencia topológica	21	7	0,3333	0,6667	0,0999	0,0666	6,66%
Compleción	5	5	1	0	0,2123	0,0000	0,00%
Exactitud Temática	5	3	0,6	0,4	0,2158	0,0863	8,63%
Exactitud Posicional	5	1	0,2	0,8	0,3655	0,2924	29,24%
CALIDAD TOTAL						0,4627	46,27%

Para medir la calidad de un producto existen 6 categorías (Tabla 49), partiendo de un intervalo igual de 10, se obtiene que la cartografía se encuentra en la categoría de malo, lo que indica que no se acepta la cartografía, y necesita una cantidad notable de cambios para mejorar.

Tabla 49
Intervalos de Valoración Cartográfica

Categoría	Definición	Intervalo	
Excelente	No necesita cambios	100	90
Muy bueno	Necesita realizar pequeños cambios	90	80
Bueno	Existen errores considerables	80	70
Regular	Los errores son muy notables	70	60
Insuficiente	Existen demasiados errores	60	50
Malo	No se acepta	50	0

4.6 Discusión de los resultados

Dentro del Protocolo de Fiscalización del IGM la evaluación de la calidad lo dividen en dos fases, la primera se basa en la evaluación de la exactitud posicional, y la segunda, todas las demás componentes; siguiendo la norma ISO 19157, se puede dar cuenta que la evaluación de cada parámetro es distinto con respecto a otro, no es lo mismo evaluar la consistencia lógica que la exactitud posicional o la compleción o exactitud temática, cada uno tiene un punto importante que evaluar dentro de la cartografía, por lo tanto, unir todas las componentes en una sola fase y reportarlas como una sola no es adecuado debido a la utilidad que se le da a los datos. Es importante saber que la consistencia lógica se evalúe completamente en la cartografía, debido a que fallas de conexiones, de continuidad o intersecciones entre los objetos o consigo mismos, afectará en la toma de decisiones dentro de territorio al no estar expresando la verdad del terreno en sí (Instituto Geográfico Militar, 2017).

El catálogo de objetos del Instituto Geográfico Militar está expresado de la mejor forma posible y contiene un esquema conceptual completo, donde describe perfectamente las categorías, subcategorías, los objetos geográficos, sus atributos con sus respectivos dominios; el problema no está en la estructura de un esquema conceptual, sino en la exigencia que da el ente regulador en cumplir los parámetros escritos, por lo tanto, la exigencia que se le da a la presentación de una estructura bien organizada con objetos pertenecientes al catálogo no es mayor, y la mayoría de consultores presenta la información a su manera (Ariza López, y otros, 2013).

La consistencia lógica es uno de los parámetros más importantes dentro de la evaluación de calidad, pues permite verificar desde el formato de presentación, si los objetos que se encuentran dentro del catálogo de objetos pertenecen o no, si tienen errores de clasificación o se inventan nombres de objetos no definidos. Dentro de la consistencia de dominio se pudo apreciar que ni un solo objeto tuvo valores de dominio, lo cual, no ayuda de ninguna manera al municipio para una buena planificación del terreno, porque parte de la información que se necesita es saber si las construcciones dentro del objeto edificios son industrias o viviendas comunes, al saber si son industrias, el municipio podría verificar si se encuentran cerca de varias viviendas y pondría en marcha un plan de movimiento de industrias (Ariza López, y otros, 2013).

Para evaluar la cartografía en lo que respecta a la compleción debe tomarse en cuenta que la ortofoto no tenga tanta diferencia de tiempo, pues los cambios urbanos que tienen todos los cantones debido al incremento poblacional es grande; en el trabajo de campo se pudo apreciar que la información que está dentro de la ortofoto ya no es la misma, por eso la ley de

cartografía menciona que se debe actualizar el catastro urbano de cada cantón cada 2 años, algo que no se aplica debido al tiempo y costo que toma realizar una actualización (Asamblea Nacional, 1978).

Se debe recalcar que para evaluar la compleción y exactitud temática dentro de la cartografía se debe verificar antes la exactitud posicional de la cartografía, es decir, que se encuentre dentro de los parámetros de exactitud, más que para la compleción es para la exactitud temática, pero es preferible antes de los dos parámetros porque como se menciona anteriormente, los dos, se los puede revisar en conjunto (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Al aplicar el Test NSSDA para obtener la exactitud posicional al 90% de confianza los resultados que se obtuvieron para la Hoja 1, Hoja 2, Hoja 3, Hoja 4 y Hoja 5 son 0.288, 0.402, 0.298, 0.295, 0.240 metros respectivamente; los datos están casi al límite de aceptación, pero solo una hoja no pasa la evaluación que es la Hoja 2 con un resultado de 0.40 m. En la Tabla de inspección normal de la norma 2859-1, con un límite aceptable de error del 10 %, se observa que, si solo una hoja falla la cartografía pasa. Aunque la cartografía en exactitud posicional haya pasado no le exime que se pueda encontrar errores más adelante (NTE INEN-ISO 2859-1, 2009).

Una buena ortofoto permite evaluar tanto la comisión como la exactitud temática de una manera más exacta; al utilizar una ortofoto con vista de fachadas pierde la exactitud del objeto dentro del terreno, la utilización de true ortofotos excluyendo las fachadas y ubicando los objetos geográficos dentro de su posición exacta permite la verificación acertada de la información cartográfica (UNE-EN ISO 19157, 2014).

Tomando en cuenta que cada parámetro tiene su importancia dentro de la cartografía, se realizó una tabla de ponderaciones de los parámetros de la calidad de datos geográficos, donde, Consistencia de Formato representa el 2.42%, Consistencia Conceptual 3.46%, Consistencia de Dominio 4.77%, Consistencia Topológica 9.99%, Compleción 21.23%, Exactitud Temática 21.58% y Exactitud Posicional 36.55% de la calidad cartográfica, con estos valores se obtuvo la Calidad Total de la Cartografía, que expresa el 46.27% de la cartografía en buen estado, lo que le coloca en la categoría de malo, es decir, no es aceptable, por lo que, se debe hacer cambios notables para mejorar la cartografía.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Una buena escritura de los términos de referencia permite identificar el universo de discurso y verificar de mejor forma cada uno de los parámetros de calidad dependiendo de lo que se desee con respecto al terreno; en este caso los TDRs no describen explícitamente lo que desean, puesto que lo escriben de manera muy general, lo que dificulta entender los requerimientos y da libre interpretación de la información.
- El formato de presentación de los nombres de los objetos de la base de datos cartográfica, no está de acuerdo al CONAGE; muchos de los objetos geográficos nombrados dentro de la base de datos geográfica no pertenecían al catálogo de objetos del Instituto Geográfico Militar, además el objeto “alcantarilla” no presenta la geometría correcta; y el objeto “manzanas” no está presente en la base de datos; los objetos inspeccionados son 32 de los cuales existen 9 errores, y el límite aceptación es 7, entonces no pasa la consistencia de formato, los errores son reportados y no pasan a las siguientes evaluaciones.
- Dentro del Catálogo de Objetos del IGM se encuentra la estructura conceptual de los objetos geográficos con sus respectivos atributos y dominios, los cuales no estuvieron presentes dentro de la base de datos, por lo que, también en este punto de la evaluación, es rechazada la cartografía.

- Siguiendo las reglas topológicas de no sobre posición, mantener conexiones, ser continuo y no intersecarse entre objetos ni entre sí mismos, los objetos geográficos *acera, bordillo, curvas de nivel, muro, puente, rio y edificio* son los que sobrepasaron los límites aceptables de calidad del 10% de error, el número de objetos inspeccionados son 21 y existen 7 errores y el límite aceptable de aceptación es 5, entonces el conjunto de datos no se acepta en la evaluación topológica.
- Para evaluar los siguientes elementos de la calidad se obtuvo una muestra de 5 hojas de 15"x15", donde la cartografía tuvo errores tanto de comisión como de omisión que sobrepasan el límite de error aceptable del 10%; las 5 hojas de muestra sobrepasan el error aceptable, y para aceptar la cartografía debe solo una hoja estar mal, en este caso se rechaza la cartografía.
- Dentro de la exactitud temática la hoja 1, hoja 2 y hoja 3 no pasan la evaluación al sobrepasar el 10% de error aceptable; el límite de aceptación es una hoja y se rechaza a partir de dos, por lo que se rechaza la cartografía en exactitud temática.
- Para la exactitud posicional se utilizó el test NSSDA donde se seleccionan 20 puntos bien distribuidos dentro las 5 muestras; los valores obtenidos de exactitud no sobrepasaron los 30 cm de error permitido, excepto por la hoja 2. Con una muestra de 5 el límite de aceptación es 1, por lo tanto, la cartografía pasa en exactitud posicional.
- Hacer un análisis de la calidad de toda la cartografía conlleva establecer prioridades entre componentes, con lo cual se obtuvo pesos para cada una de las variables, a través del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty, que es utilizado en base al criterio de la experiencia profesional, a las cantidades obtenidas se los multiplica por la proporción

de 1 menos la división del número de errores para el número de ítems inspeccionados, la suma de los valores dan como resultado 46.27%, que representa la calidad total de la cartografía; colocándola en la categoría de malo, es decir, no se acepta, por lo que, se debe realizar cambios muy notables para mejorar la cartografía.

5.2 Recomendaciones

- El CONAGE perteneciente a SENPLADES expresan la manera de formar un modelo conceptual de presentación de los objetos geográficos, con el cual facilitará la identificación y verificación de los objetos y la categoría a la que pertenecen, seguir el esquema conceptual ayudara tanto para la planificación del territorio como a la toma de decisiones conociendo el área social, ambiental o socioeconómica que necesita un cambio o ayuda.
- Al digitalizar la cartografía se debería usar una ortofoto verdadera, en la cual no se vean la fachada de los objetos, debido a que la posición de los objetos se observan desplazados con respecto a su verdadera posición en el terreno; a esto, evaluar el mal trazo no es tan preciso como se requiere.
- Dar prioridad a cada elemento de la calidad cartográfica, ayuda no solo a los entes públicos sino también a los privados, ya que permite poner orden, autoridad y confianza dentro de las instituciones y en la verificación de la calidad de la cartografía.
- Tener conocimiento de los dominios de cada objeto no solo es de utilidad para la evaluación de calidad, sino también para los municipios encargados de la planificación

de los cantones. Por ejemplo, los atributos del objeto “edificio” ayuda en la toma de decisiones dentro del territorio; puesto que, al identificar que es una institución educativa, instalación de comercio o vivienda, se puede realizar un programa o plan en marcha de aumento de unidades educativas o centros de salud, etc.; por lo tanto, es necesario la evaluación de los atributos y dominios de cada objeto de la base de datos.

- La consistencia lógica debería evaluarse al 100% dentro de la cartografía, porque la organización de la información, sus atributos, sus dominios y su topología son aspectos muy importantes dentro de la planificación urbana; si algún objeto indispensable dentro de la cartografía está mal, prácticamente, se le está quitando información demasiado importante con respecto a los términos de referencia, y ya no le serviría completamente la información al usuario contratante.

Referencias Bibliográficas

- Ariza López, F., García Balboa, J., Ureña Cámara, M. A., Rodríguez Avi, J., Alba Fernández, M. V., Pinilla Ruiz, C., & Mesas Carrascosa, F. (2013). *Fundamentos de Evaluación de la Calidad de la Información Geográfica* (Primera ed.). Jaén, España: Universidad de Jaén.
- Asamblea Nacional. (1978). *Ley de Cartografía Nacional*. Quito: Decreto Supremo 2686-B, Registro Oficial 643.
- Asamblea Nacional. (2010). *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización*. Quito: Registro Oficial Suplemento 303.
- Asia Quality Control. (11 de Junio de 2018). *Metodología de Inspección*. Obtenido de Usando Metodología de Inspección Internacional: <http://asiaqualitycontrol.com/es/quality-inspection-ressources/inspection-methodology/>
- Atkinson Gordo, A. D., García Balboa, J. L., & Ariza López, F. J. (2001). Los diferentes test para el control de calidad posicional en cartografía. *XIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*.
- Candela, M. (2016). *Herramienta para la Evaluación de la Consistencia de Dominio de Conjuntos de Datos Geográficos*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Cárdenas, A. (2013). *Evaluación de la Calidad Cartográfica Vectorial utilizada para el manejo de los Recursos Naturales*. Linares, Nuevo León, México.
- Castillo, L., Villanueva, A., & Posadas, I. (2006). Calidad de bases de datos. *Caos Conciencia 1*, 41-49.
- Chai, T. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE) – Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 7, 1247-1250. doi:doi: 10.5194 / gmd-7-1247-201
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador* . Quito: Registro Oficial 449 .
- DGIWG. (Septiembre de 2000). *Standards and Implementation Profiles*. Obtenido de <https://www.dgiwg.org/dgiwg/index.htm>
- Espíndola, J., & González, P. (2014). *Digitization process for building the Cuban digital libraries. Some studies*. Cuba: Dialnet.
- ESRI. (2010). *ArcGIS Geodatabase Topology Rules*. California, United States: esri.
- ESRI. (10 de Julio de 2018). *ArcGIS Resources*. Obtenido de Georreferenciación y sistemas de coordenadas: <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000s000000.htm>

- ESRI. (marzo de 2019). *Joining attributes in one table to another*. Obtenido de ArcGIS Desktop: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/tables/joining-attributes-in-one-table-to-another.htm>
- Falcón, P., & Guanotasig, M. (2013). *Estudio de Factibilidad para la Creación de un Complejo Turístico en el Barrio La Merced, Cantón Pujilí, Provincia De Cotopaxi*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Fallas, J. (2010). *Geoprocesamiento Análisis de geodatos*. Panamá: Universidad para la Cooperación Internacional.
- FGDC. (1998). *Geospatial Positioning Accuracy Standards Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA)*. Virginia: 590 National Center.
- GAD Municipal del Cantón Pujilí. (2016). *Términos de Referencia para la Actualización del Catastro Urbano para el Sector Urbano del Cantón Pujilí Provincia de Cotopaxi*. Pujilí: GAD Pujilí.
- Gómora, H. (2015). *La calidad como aptitud para el uso evaluación de la exactitud posicional de los productos topográficos digitales escala 1:50000 del INEGI (Vol. 91)*. ProQuest Central.
- Greenwalt, C., & Schultz, M. (1962). *Principles and Error Theory and Cartographic Applications. ACIC Thechnical Report No 96*. St. Louis, Missouri, USA: Aeronautical Chart and Information Center.
- Instituto Geográfico Militar. (2011). *Catálogo de Objetos Geográficos del Instituto Geográfico Militar para Cartografía Base Escala 1:5000*. Quito: IGM.
- Instituto Geográfico Militar. (2016). *Catálogo de Objetos para Cartografía Base con Fines Catastrates Escala 1:1000*. Quito: IGM.
- Instituto Geográfico Militar. (2016). *Especificaciones Técnicas para la Producción de Cartografía Escala 1:5000*. Quito: IGM.
- Instituto Geográfico Militar. (2017). *Protocolo de Fiscalización para Proyectos de Generación de Cartografía Base con fines Catastrales Escala 1:1 000, obtenida a través de Método Aerofotogramétrico, Digitalización 2D sobre Ortofoto o Levantamiento Topográfico*. Quito: IGM.
- Instituto Geográfico Nacional de España. (24 de Mayo de 2017). *IGN*. Obtenido de http://www.ign.es/web/resources/cartografiaEnsenanza/conceptosCarto/descargas/Conceptos_Cartograficos_def.pdf
- Instrumental & Óptica. (20 de Febrero de 2019). *Sistema Trimble R8s GNSS*. Obtenido de Instrumental & Óptica: <http://instrumentalyoptica.com.ec/index.php/component/jshopping/product/view/9/42?Itemid=0>
- ISO 9000. (2015). *Quality management systems — Fundamentals and vocabulary*.
- Jimenez, W., & Prado, J. (2017). *Análisis Técnico Comparativo entre los Métodos Topográficos Tradicionales y el Método de Aerofotogrametría con Vehículo Aéreo no Tripulado*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

- López, R. (2014). *Estudio y Determinación de la Calidad de Datos Geográficos De La BTN25 en las Provincias de Sevilla y Teruel Conforme a las Normas De Calidad ISO19100*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Méndez Baillo, R., & López Vázquez, C. (2010). *Evaluación de exactitud posicional horizontal y vertical de la Cartografía Oficial a escala 1:50.000*. Uruguay: I Congreso Uruguayo De Infraestructura De Datos Espaciales, Contribuyendo Al Desarrollo De Una Red Regional.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2014). *Terminos de Referencia*. Obtenido de <http://www.marn.gob.sv/terminos-de-referencia-2/>
- Niño, E. (2010). Calidad de Datos Geoespaciales Básicos. *UD y la Geomática*, 110-116.
- NTE INEN-ISO 2859-1. (2009). *Procedimientos de Muestreo para Inspección por Atributos. Parte 1. Programas de Muestreo Clasificados por el Nivel Aceptable de Calidad (AQL) para Inspección Lote a Lote*. Quito.
- Open Geospatial Consortium. (2014). *Geoackage Encoding Standart*. Massachusetts: OGC.
- PNUD. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- Posadas, A. (2015). Determinación de errores y tratamiento de Datos. *Facultad de Ciencias Experimentales – Universidad de Almería*, 1-15.
- Ruiz, F. (2000). *Bases de Datos: Modelos de Datos*. Ciudad Real: Universidad de Castilla-La Mancha.
- Saaty, T. (2008). *Decision making with the analytic hierarchy process*. Pittsburgh, PA 15260, USA: University of Pittsburgh.
- SENPLADES. (2016). *Lineamientos para la Implementación del Catálogo de Objetos Institucionales*. Quito: Senplades.
- Sickle, J. V. (2018). *RTK*. Pennsylvania: Universidad Estatal de Pennsylvania.
- UNE-EN ISO 19157. (2014). *Versión oficial de la Norma Europea EN ISO 19157:2013 Información Geográfica Calidad de datos*. Madrid: AENOR.

