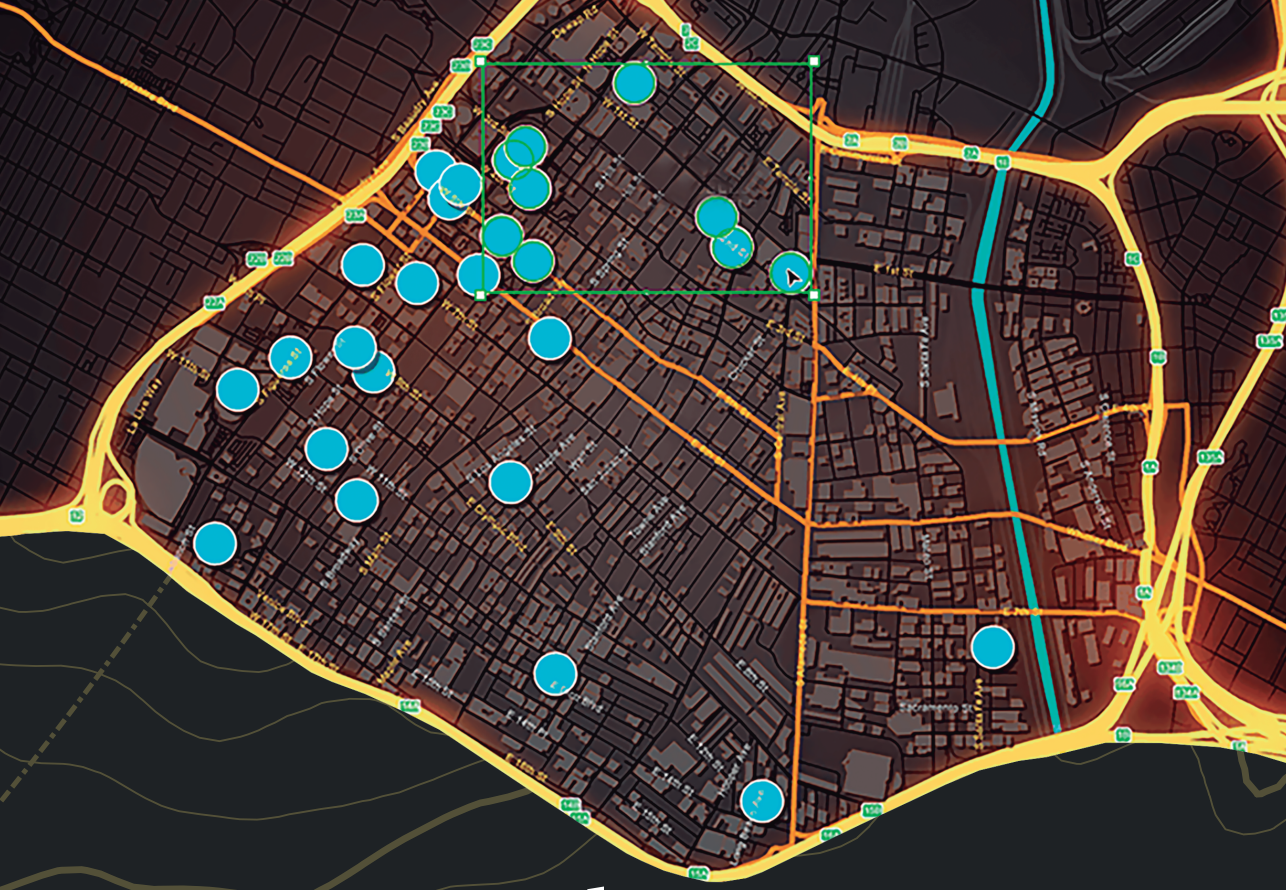


Manual ArcGIS® ArcMap Desktop Avanzado

SIL
SISTEMA DE INFORMACIÓN EN LÍNEA
COMPLEMENTO VIRTUAL

ECOE EDICIONES

Elkin Darío Cañón Buitrago
Wilson Ernesto Vargas Vargas
Carlos Alfonso Gómez Guacaneme

MANUAL ARCGIS®
ARCMAP DESKTOP

AVANZADO

Elkin Darío Cañón Buitrago
Wilson Ernesto Vargas Vargas
Carlos Alfonso Gómez Guacaneme

Catalogación en la publicación - Biblioteca Nacional de Colombia

Cañón Buitrago, Elkin Darío, autor
Manual ArcGIS ArcMap Desktop Avanzado / Elkin Darío Cañón Buitrago, Wilson Ernesto Vargas Vargas, Carlos Alfonso Gómez Guacaneme -- Primera edición -- Bogotá : Ecoe Ediciones, 2023.
344 páginas. -- (Ingeniería y afines. Ingeniería civil)

Incluye datos curriculares de los autores -- Incluye referencias bibliográficas.

ISBN 978-958-503-613-0 -- 978-958-503-614-7 (e-book)

1. ArcGIS (Programa para computador) - Procesamiento de datos - Manuales 2. Sistemas de información geográfica 3. Análisis espacial (Estadística) I. Vargas Vargas, Wilson Ernesto, autor II. Gómez Guacaneme, Carlos Alfonso, autor

CDD: 910.285 ed. 23 CO-BoBN– a1112339

Área: *Ingeniería y afines*
Subárea: *Ingeniería civil*

ECOE
EDICIONES

© Elkin Darío Cañón Buitrago
© Wilson Ernesto Vargas Vargas.
© Carlos Alfonso Gómez Guacaneme

© Ecoe Ediciones S.A.S.
info@ecoeediciones.com
www.ecoeediciones.com
Carrera 19 # 63 C 32
Teléfono: (+57) 321 226 46 09
Bogotá, Colombia

Primera edición: Bogotá, febrero del 2023

ISBN: 978-958-503-613-0
e-ISBN: 978-958-503-614-7

Directora editorial: Claudia Garay Castro
Coordinadora editorial: Paula Bermúdez B.
Editora júnior de adquisiciones: Alejandra Cely R.
Corrección de estilo: Daniela Pérez
Diagramación: Magda Rocío Barrero
Carátula: Wilson Marulanda Muñoz
Impresión: Xpress Estudio Gráfico y digital
Carrera 69 H # 77 - 40

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en Colombia - Todos los derechos reservados

CONTENIDO

Introducción xi

Capítulo 1. Creación de geodatabases 1
1.1 Tipos de geodatabases 2
1.2 Creación de una geodatabase 3
1.2.1 Creación de *shapefile* a partir de tablas de Excel 13
1.3 Creación de *Feature Classes* 18
1.4 Creación de dominios 23
1.5 Dominios compartidos 28
1.6 Creación de subtipos 31
1.7 Creación de *Feature Dataset* 35

Capítulo 2. Creación de *Features* 41
2.1 Dibujar *Features* 43
2.2 Uso de otras herramientas de construcción 53
2.3 Digitalización de *Feature* tipo línea 59
2.4 Creación de *shapefile* tipo línea 64
2.5 Digitalización de planchas topográficas con ArcScan 68

Capítulo 3. Edición de *Features* 79
3.1 Borrar y modificar *Features* 79
3.2 División y fusión de *Features* 85
3.3 Editar valores de atributos de *Features* 94
3.4 Calculadora de campo y funciones *string* 102
3.5 Calculadora geométrica 108

3.6 *Sumarize* (resumen) ... 113
3.7 *Join y Relate Data* (unión y relación de datos) ... 115
3.7.1 *Relate Data* (relación de datos) ... 122
3.8 Acotado y herramienta COGO ... 126
3.8.1 Acotación de polígonos ... 128
3.8.2 COGO ... 130

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS Y TIPO DE SELECCIÓN ... 137
4.1 Selección por ubicación ... 138
4.2 Selección por atributos ... 150

CAPÍTULO 5. TOPOLOGÍA DE GEODATABASE Y TOPOLOGÍA DE MAPA ... 161
5.1 Reglas topológicas en geodatabases ... 162
5.1.1 Reglas para polígonos ... 163
5.1.2 Reglas para polilíneas ... 163
5.1.3 Reglas para puntos ... 164
5.2 Cómo diseñar una clase topológica ... 165
5.3 Crear topología ... 166
5.4 Validación de topología ... 174
5.5 Edición y corrección de errores topológicos ... 177
5.6 Edición de reglas topológicas ... 181
5.7 Topología de mapa ... 188
5.8 Geometría compartida ... 194
5.9 *Reshape* (remodelar) ... 197
5.10 *Generalize Edge* (generalizar borde) ... 202
5.11 *Align Edge Tool* (alineación de bordes) ... 207
5.12 Geometría compartida para *shapefile* ... 210

CAPÍTULO 6. PROCESAMIENTO DE DATOS ESPACIALES ... 219
6.1 *Merge* (fusionar) ... 219
6.1.1 *Merge* en la misma capa ... 220
6.1.2 *Merge Geoprocessing* ... 223
6.2 *Clip* (cortar) ... 226
6.3 *Intersect* (intersecar) ... 228
6.4 Unión ... 231
6.5 *Dissolve* (disolver) ... 233

CAPÍTULO 7. ANÁLISIS DE SUPERPOSICIÓN Y PROXIMIDAD ... 237
7.1 *Spatial Join* (unión espacial) ... 237
7.2 *Buffer* simple ... 243
7.3 *Buffer* múltiple ... 246
7.4 Polígonos de Thiessen ... 247

CAPÍTULO 8. PROCESAMIENTO DE IMÁGENES LANDSAT ... 253
8.1 Composición de bandas ... 254
8.2 Combinación de bandas ... 258

8.3 Comparación de imágenes 268
8.4 *Pansharp* (refinado pancromático) 269
8.5 Corte y guardado de imágenes 272
8.6 Extracción con máscara 276

Capítulo 9. Cálculo del Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI) 279
9.1 NDVI - *Image Analysis* 280
9.2 NDVI - calculadora ráster 283
9.3 Proyección ráster 286

Capítulo 10. Análisis espacial de modelos digitales 289
10.1 Creación de un Modelo Digital de Elevación (DEM) 289
10.2 Simbología y perfil topográfico 292
10.3 Reclasificación ráster y conversión de ráster a polígono 298
10.4 Creación de un modelo TIN 304
10.5 Creación de curvas de nivel a partir de un ráster 309
10.6 Modelo de sombras 310
10.7 Análisis *Cut/Fill* 315
10. 8 Modelo de pendientes a partir de ráster 318
10.9 Modelo de aspecto o de orientación de pendiente 320
10.10 Análisis de visibilidad 322

Glosario 327

Referencias 341

Acerca de los autores 343

Sistema de Información en Línea



Al final del libro encontrará el código para ingresar al **Sistema de información en Línea** - SIL - donde podrá descargar archivos base para el desarrollo de los ejercicios propuestos en el libro.

INTRODUCCIÓN

La siguiente es una guía para estudiantes y para aquellas personas que hacen uso de la herramienta ArcGIS Desktop para el desarrollo de actividades cotidianas o laborales. Los ejercicios son detallados y en ellos se explican, paso a paso, todas aquellas funcionalidades principales del *software* ArcGIS Desktop, tales como procesamiento de imágenes, realización de análisis espacial, procesamiento de datos espaciales, así como edición de bases de datos espaciales, procesamiento de imágenes satelitales, entre otras. Asimismo, los ejercicios se apoyan en discusiones conceptuales al comienzo de cada capítulo y, según sea necesario, a lo largo del libro. Por lo demás, esta guía es la continuación del *Manual ArcGIS ArcMap Desktop básico e intermedio*.

Actualmente, la empresa Esri, mediante su plataforma ArcGIS Desktop creada en 2001, es uno de los principales y mejores proveedores de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Este volumen se ha realizado a partir de la plataforma ArcGIS 10.5, sin embargo, es de aclarar que los principios básicos se desarrollan de la misma manera sin importar la versión de ArcGIS Desktop con la que cuente el usuario. De igual modo, el libro incluye un código para ingresar al Sistema de Información en Línea (SIL), con el cual se puede acceder al programa y a diferentes ejercicios.

CAPÍTULO 1

CREACIÓN DE GEODATABASES

Los datos espaciales vienen en una variedad de formatos que se pueden administrar y mapear usando ArcGIS Desktop. Los formatos de datos espaciales incluyen datos ráster, coberturas, *shapefiles* y datos de geodatabase. Por otra parte, los datos tabulares que registran ubicaciones o atributos *x, y* también son un tipo de datos espaciales que se pueden integrar en ArcGIS. Muchos formatos de datos, incluidos los *shapefile* y geodatabase organizan los datos espaciales en clases de entidad. Se debe recordar que una clase de entidad es un grupo de puntos, líneas o polígonos que representan objetos del mismo tipo, como países, ríos o carreteras.

Un *shapefile*, de otro lado, es una clase de entidad única e independiente. "Ciudades.shp", por ejemplo, podría ser una clase de entidad puntual que represente ciudades (los *shapefiles* en realidad están compuestos por varios archivos con diferentes extensiones, aunque solo verá un elemento en la ventana de ArcCatálogo). Una geodatabase, por el contrario, es un "contenedor" en el que se pueden almacenar conjuntos de clases de entidad. Por ejemplo, "Mundo.gdb" podría incluir una clase de entidad tipo polígono de países del mundo, mientras que una clase de entidad tipo línea representaría los ríos del mundo y una clase de entidad tipo punto representaría las ciudades del mundo, y así sucesivamente.

La mayoría de los *datasets* vectoriales que se utilizan actualmente son *shapefiles* o clases de entidades de geodatabase. Aunque existen diferencias entre los formatos de datos espaciales, también existe una gran compatibilidad mutua y, por lo general, puede convertir un formato a otro. Cuando se agregan datos espaciales en ArcMap, se ven y se trabajan con ellos como una capa, de manera que, en general, no se está interesado en el formato del archivo de origen. Sin embargo, debe saber que la geodatabase, como el formato de datos espaciales más sofisticado, tiene ciertas ventajas. Una de ellas es la capacidad de almacenar múltiples

conjuntos de datos, incluidos los ráster, lo que convierte a la geodatabase en una herramienta integrada para organizar datos.

Entretanto, las clases de entidades relacionadas se pueden agrupar en un *Dataset* de entidades. Por ejemplo, las ubicaciones de la red de alcantarillado (líneas) y los pozos de inspección (puntos) se pueden agrupar en un *Dataset* de entidades de alcantarillado. Cuando los *shapefiles* se importan a una geodatabase, el tamaño en el disco se reduce drásticamente, por lo que la geodatabase es un modelo ideal para compartir datos.

Ahora bien, otra ventaja de utilizar una geodatabase consiste en la capacidad de crear un dominio de atributo, el cual establece y aplica valores válidos o rangos de valores para un campo de atributo y, además, minimiza los errores de entrada de datos al prohibir los valores no válidos. Por ejemplo, si "Abierto" y "Cerrado" fueran los valores de dominio para un campo de estado de la válvula de agua, sería imposible ingresar cualquier valor en la tabla de atributos que no sea "Abierto" o "Cerrado".

Finalmente, la geodatabase tiene la capacidad de almacenar reglas de comportamiento. Debido a esto, una geodatabase puede admitir tipos de datos especializados como clases de entidad de anotación, representaciones cartográficas, topologías de geodatabase y redes, todos los cuales tienen comportamientos específicos. Es de resaltar que estos tipos de datos especiales son cada vez más importantes para los SIG.

1.1 Tipos de geodatabases

Las geodatabases vienen en tres tipos: archivos, personales y empresariales (o multiusuario). En este capítulo creará y trabajará con una geodatabase de archivos. Una geodatabase de archivos está diseñada para almacenar conjuntos de datos en una carpeta de archivos en la computadora. Puede almacenar grandes conjuntos de datos (hasta un terabyte) y varios usuarios pueden acceder al mismo tiempo, aunque las clases de entidad pueden ser editadas por una sola persona a la vez.

La geodatabase original introducida por Esri es la geodatabase personal (extensión de archivo .mdb). Esta utiliza la estructura de archivos de datos de Microsoft Access y admite bases de datos de 2 GB o menos. Sin embargo, el tamaño efectivo de la base de datos es menor, a saber, entre 250 y 500 MB. En ese sentido, cualquier valor mayor hace que el rendimiento de la base de datos se ralentice. Por esta razón, se recomiendan las geodatabases de archivos (.gdb) sobre las geodatabases personales, particularmente porque los conjuntos de datos tienden a crecer más con el tiempo.

Por otra parte, las geodatabases corporativas son geodatabases multiusuario escalables que pueden acomodar grandes grupos de trabajo o empresas. A partir del uso de una tecnología llamada control de versiones, las geodatabases corporativas permiten la edición simultánea de clases de entidad por parte de diferentes usuarios. Estas geodatabases no tienen límite de tamaño ni número máximo de usuarios y, por lo demás, los datos se almacenan en un sistema de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS) como Microsoft SQL Server Express, SQL Server, Oracle, Informix, IBM DB2 o PostgreSQL.

En este capítulo utilizará los siguientes conjuntos de datos:

- Areas_salud.shp: un *shapefile* que contiene polígonos que muestran los límites de los distritos de Manhattan creados para ayudar a las agencias de la ciudad en la administración de servicios públicos.
- Distritos_MN: un *shapefile* que contiene polígonos que representan límites de vecindario en el distrito de Manhattan de la ciudad de Nueva York.
- Vias_MN.shp: un archivo de forma que contiene líneas de calles para Manhattan, distrito de la ciudad de Nueva York.
- Rutas_Metro.shp: un archivo de forma que contiene líneas que representan el metro y las rutas a lo largo de la ciudad de Nueva York.
- Paradas_Metro.dbf: un archivo dBase que contiene las coordenadas x, e y y, otros atributos de las paradas de metro de la ciudad de Nueva York.

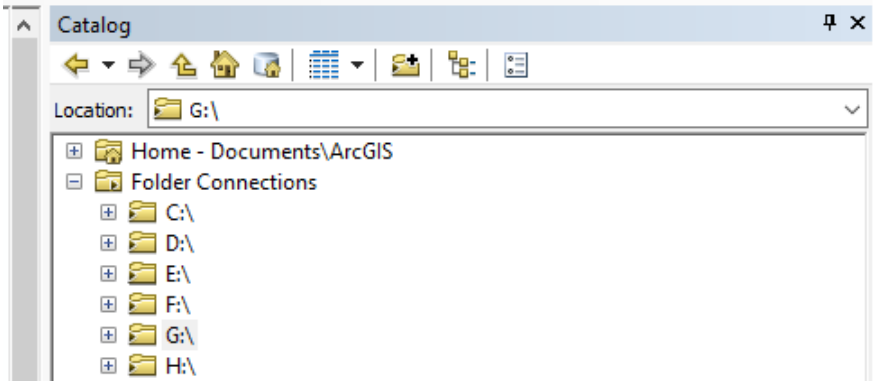
1.2 Creación de una geodatabase

Para crear nuevas geodatabases, puede emplear la ventana Catálogo en ArcMap (o puede utilizar la aplicación ArcCatalog). También puede crear clases de entidad de geodatabase, ya sea desde cero o importando un formato de datos diferente a la geodatabase. En este ejercicio, creará una geodatabase de archivos e importará datos de *shapefile* en ella.

Para esto, creará una geodatabase de archivos e importará cuatro *shapefiles* (vías, áreas de salud, barrios y rutas del metro), así como un archivo de texto que contiene puntos de coordenadas que indican las posiciones de las paradas del metro. El ejercicio se desarrollará en el distrito de Manhattan.

Para empezar, inicie ArcMap y abra la plantilla Mapa en blanco. Seguidamente, abra la ventana del catálogo ( ), como lo muestra la Figura 1.

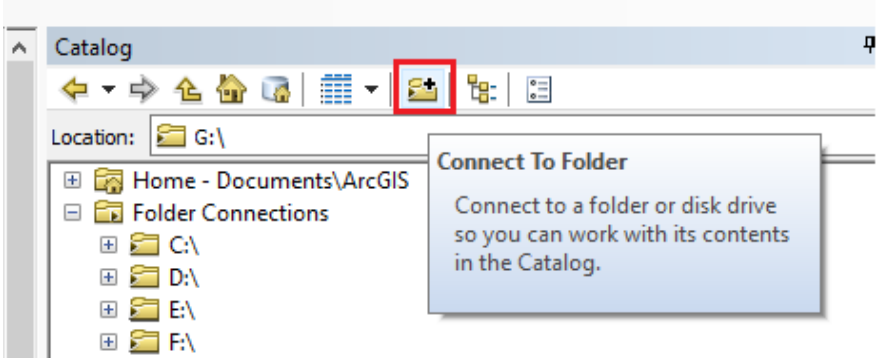
Figura 1. Ventana de catálogo



Fuente: elaboración propia con base en ArcMap 10.5.

Haciendo uso de la opción *Connect to Folder* (ver Figura 2), enrute a la carpeta de trabajo donde se encuentran almacenados los archivos *shapefile*.

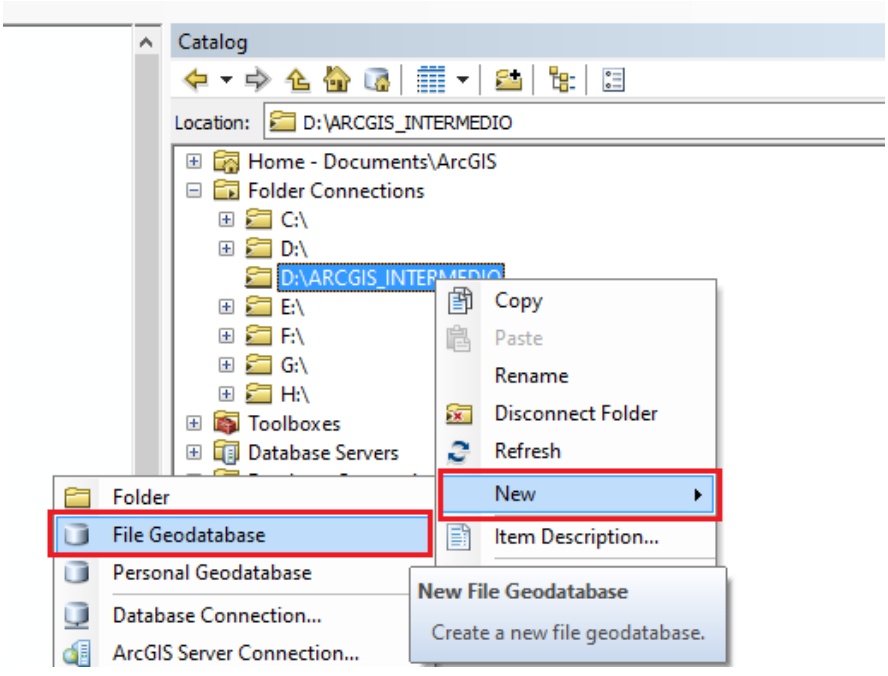
Figura 2. Connect to Folder



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Seguidamente, cree una nueva carpeta para almacenar los resultados. Para el ejercicio se llamará ARCGIS_INTERMEDIO. Para ello, dé clic derecho sobre el folder, luego en *New* y se procede a crear una nueva base de datos de archivo (*File Geodatabase*) (ver Figura 3).

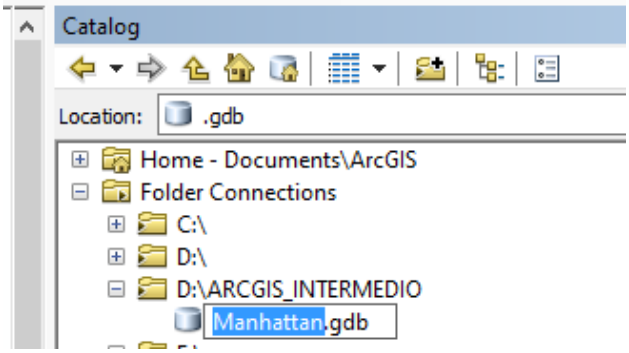
Figura 3. Creación de geodatabase de archivo



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Renombre la geodatabase como lo desee. Para esto, basta con dar un solo clic sobre el nombre y este se sombreará de color azul. Para el ejercicio se llamará Manhattan.gdb, tal como se observa en la Figura 4.

Figura 4. Renombrar geodatabase

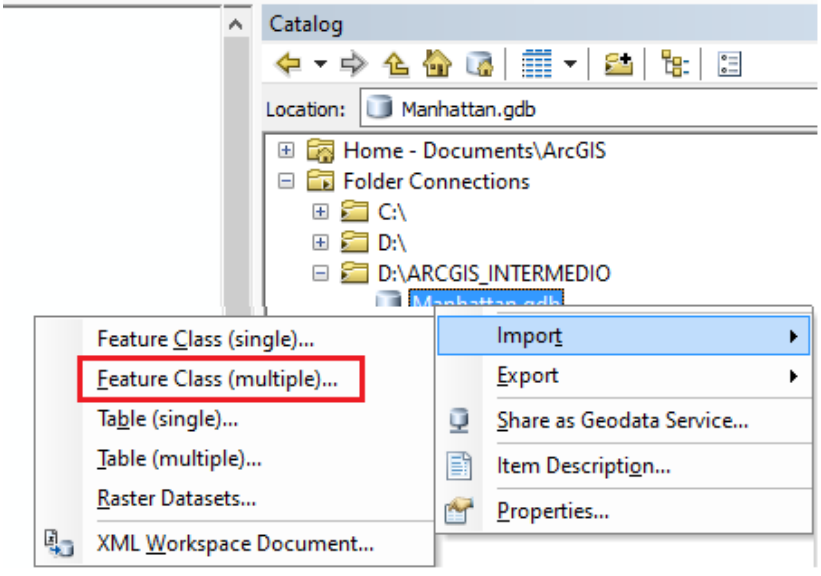


Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

El siguiente paso es importar los *shapefiles* dentro de la nueva geodatabase.

Para esto, en la ventana *Catalog*, dé clic derecho sobre la geodatabase Manhattan y, seguidamente, en importar. Posteriormente, seleccione la opción *Feature Class* (*multiple*) (ver Figura 5). También es posible importarlos uno a uno, para lo cual se emplea la opción *Feature Class* (*single*).

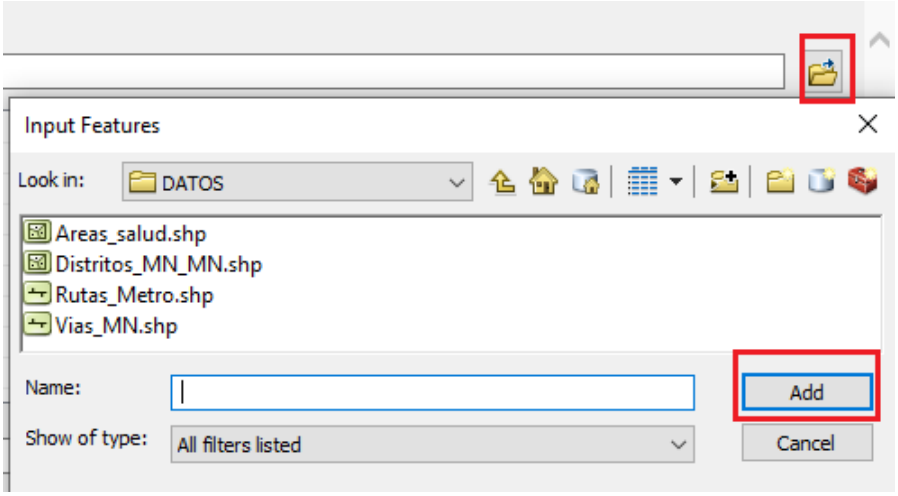
Figura 5. Opción importar *Feature Class*



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Luego, en la ventana de diálogo emergente, seleccione el archivo correspondiente a las Areas_Salud. Puede arrastrarlo al cuadro o con el ícono ( ) buscar la ubicación de este (ver Figura 6). Seguidamente, dé clic en *Add***.** Recuerde que también puede seleccionarlos todos a la vez.

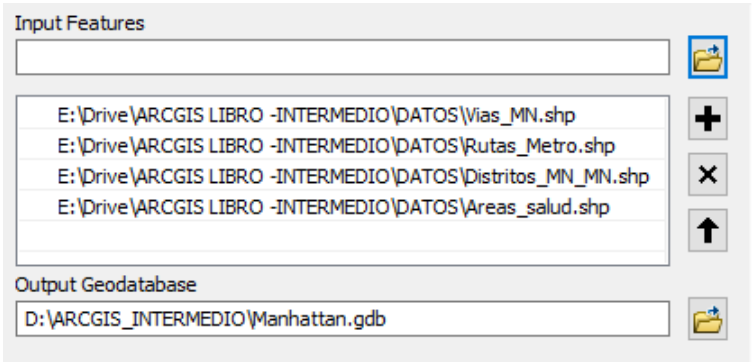
Figura 6. Importar *Features*



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

La ruta a la clase de entidad se muestra en el cuadro *Input Features*. En el cuadro Geodatabase de salida, Catalog asume correctamente que desea importar los datos a la geodatabase Manhattan. Puede cambiar la ubicación de salida si lo desea. Importe los otros tres archivos restantes, con lo cual el resultado es el siguiente (ver Figura 7). Finalmente, dé clic en *OK*.

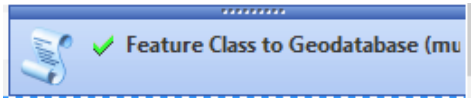
Figura 7. Importar *Features*



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Cuando se completa la operación, aparece una notificación emergente en la esquina inferior derecha de la pantalla. Los *shapefiles* (dos polígonos, dos líneas) se convierten en *Feature Clases* (clases de entidad) en la geodatabase Manhattan (ver Figura 8).

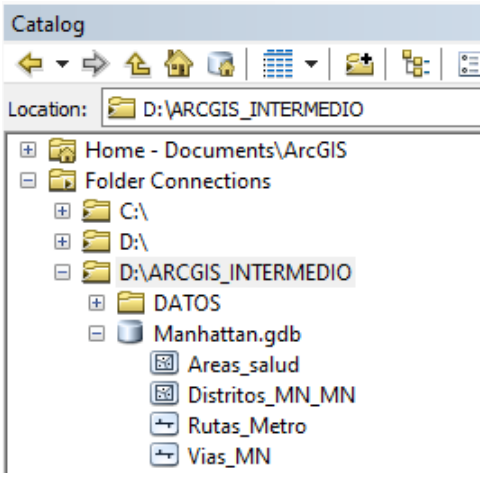
Figura 8. Operación completa



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Luego, expanda su carpeta ARCGIS_INTERMEDIO y haga doble clic en Manhattan.gdb para ver las nuevas clases de entidades (ver Figura 9).

Figura 9. Featured Class importadas

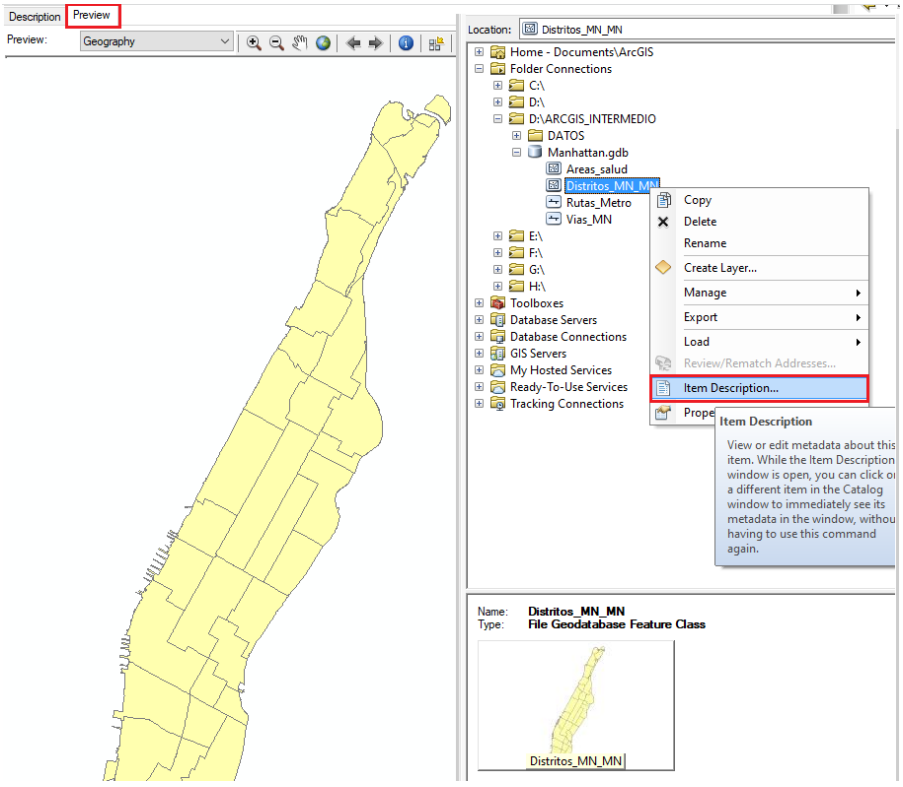


Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

A continuación, obtendrá una vista previa de los datos para asegurarse de que se vean bien.

En el árbol del catálogo, haga clic con el botón derecho en Barrios_MN y, luego, haga clic en *Item Description*. En la ventana Descripción del elemento, haga clic en la pestaña Vista previa (ver Figura 10).

Figura 10. Previsualización de *shapefile* Distritos_MN



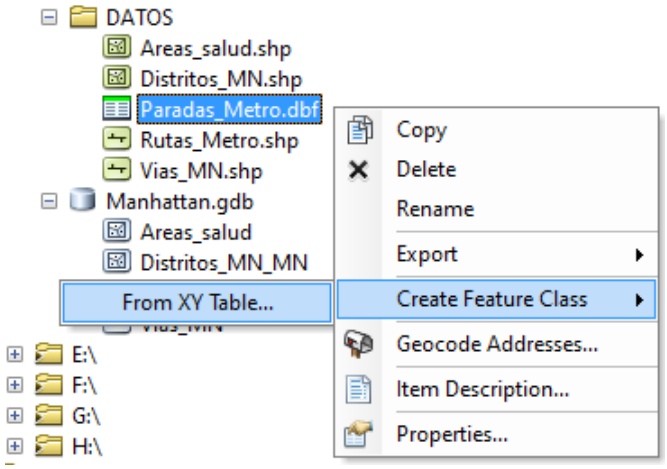
Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

La ventana Descripción del elemento muestra una vista previa de cada clase de entidad.

Aún se tiene un archivo .dbf (dBase) para importar a la geodatabase. Es común encontrar datos en un formato no espacial como este. En este caso, las coordenadas de las paradas del metro de Manhattan se almacenan en una hoja de cálculo, junto con otros atributos. Debe mapear las coordenadas para crear puntos que se puedan ver en el mapa.

Cierre la ventana Descripción del elemento. Luego, en la ventana Catálogo, navegue hasta la carpeta donde tiene los *shapefiles*. Haga clic con el botón derecho en Paradas_Metro.dbf y haga clic en *Create Feature Class* > *From XY Table* (ver Figura 11).

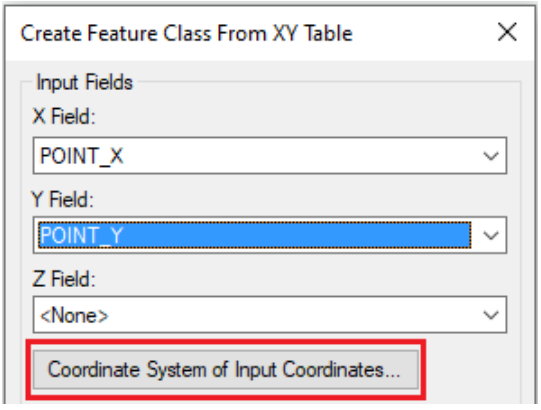
Figura 11. Crear *Featured Class* desde una tabla



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Esto abre el cuadro de diálogo Crear clase de entidad a partir de la tabla XY. La tabla ya tiene un campo X y un campo Y designados, pero no son correctos. Cambie la opción Campo X a POINT_X. Cambie la opción Campo Y a POINT_Y (ver Figura 12).

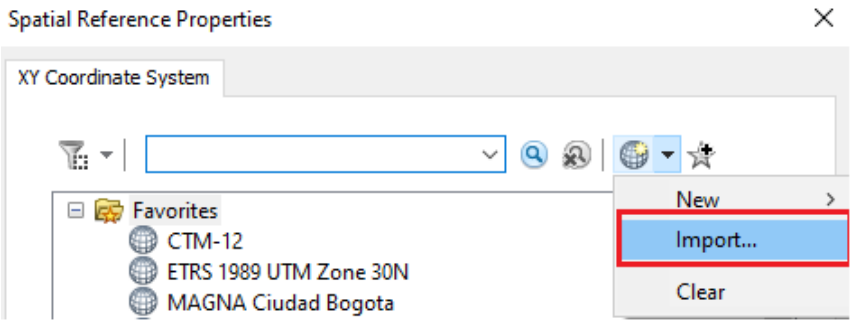
Figura 12. Creación de *Feature Class* a partir de tabla



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Seguidamente, especifique el sistema de referencia. En el cuadro de diálogo, haga clic en el botón Sistema de coordenadas de entrada. Posteriormente, en el cuadro de diálogo Propiedades de referencia espacial, haga clic en la flecha desplegable Agregar sistema de coordenadas y seleccione importar, tal como se muestra en la Figura 13.

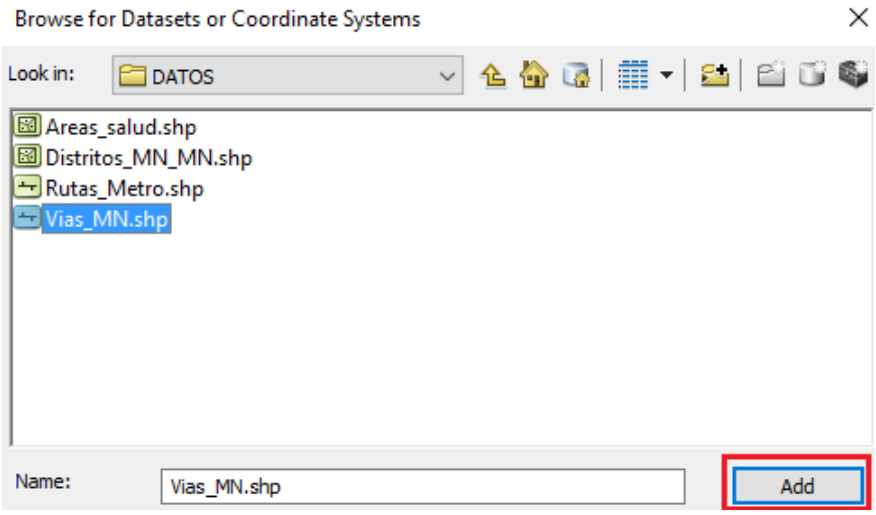
Figura 13. Propiedades de referencia espacial



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Importe el sistema de coordenadas utilizado por uno de los otros *shapefiles* en Manhattan.gdb. Para el ejemplo, se tomará el *shapefile* denominado Vías_MN. Para terminar, dé clic en *Add*, como se muestra en la Figura 14.

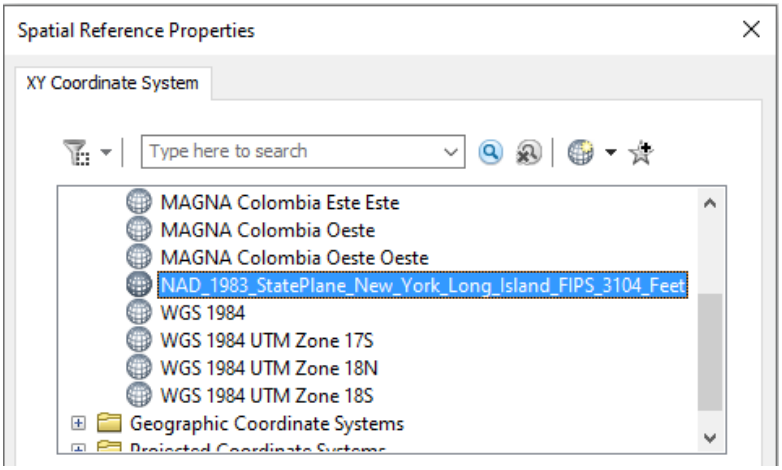
Figura 14. Selección de sistema de coordenadas a partir de *shapefiles*



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Recuerde que también es posible buscar el sistema de coordenadas dentro de la base predefinida en la misma ventana, lo importante es que debe coincidir el sistema. El resultado se observa en la Figura 15. Finalmente, dé clic en Aceptar.

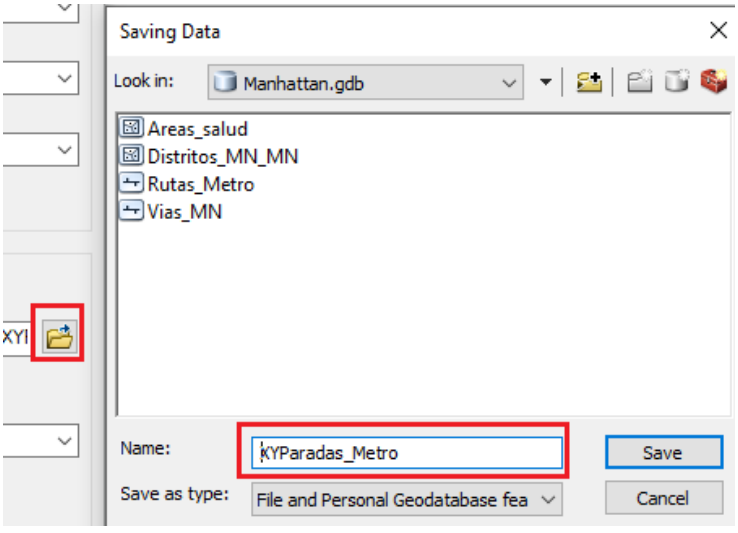
Figura 15. Sistema de referencia espacial definido



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Ahora bien, especifique la salida para el *shapefile* Paradas_Metro en Manhattan.gdb. Asegúrese de que el tipo de archivo esté configurado en *File and Personal Geodatabase Feature Classes* (Archivo y clases de entidad de geodatabase personal). Luego, haga clic en *Save* (ver Figura 16).

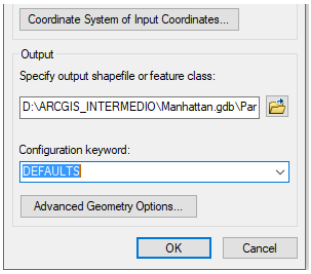
Figura 16. Almacenar *shapefile* en geodatabase



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Finalmente, dé clic en *OK*.

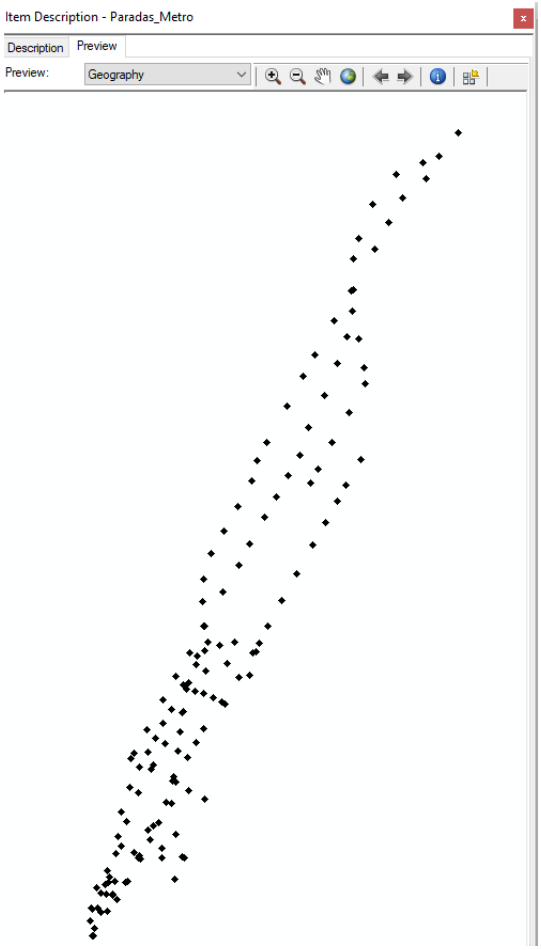
Figura 17. Creación de *Feature Class* a partir de la tabla XY



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Para ver los resultados, puede dirigirse nuevamente a la descripción del *Feature Class* creado en la geodatabase. El resultado se aprecia en la Figura 18.

Figura 18. Previsualización Paradas_Metro



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

1.2.1 Creación de shapefile *a partir de tablas de Excel*

La mayoría de las bases de datos geográficas que se encuentran a disposición en sitios web o en reservas de información se encuentran en formatos de Excel (hojas de cálculo). Para la creación de *shapefiles* (tipo punto), es necesario contar con dos atributos esenciales que son los que representan la posición geográfica (X y Y). Por lo demás, sin importar el tipo de coordenadas que se desee emplear, el procedimiento es exactamente el mismo, lo esencial es saber que aquellos campos que serán empleados como posición requieren siempre un dato en X (este) y otro dato en Y (norte). A continuación, se creará el *shapefile* de los colegios de la ciudad de Bogotá.

En primer lugar, es importante configurar el archivo de Excel para que pueda ser leído por ArcMap. Como se puede observar en la Figura 19, los campos se encuentran tabulados y distribuidos por columnas con un nombre específico. Asimismo, los campos numéricos deben estar configurados como tal (por ejemplo, las coordenadas deben tener el formato tipo número).

Figura 19. Base de datos de colegios en Bogotá

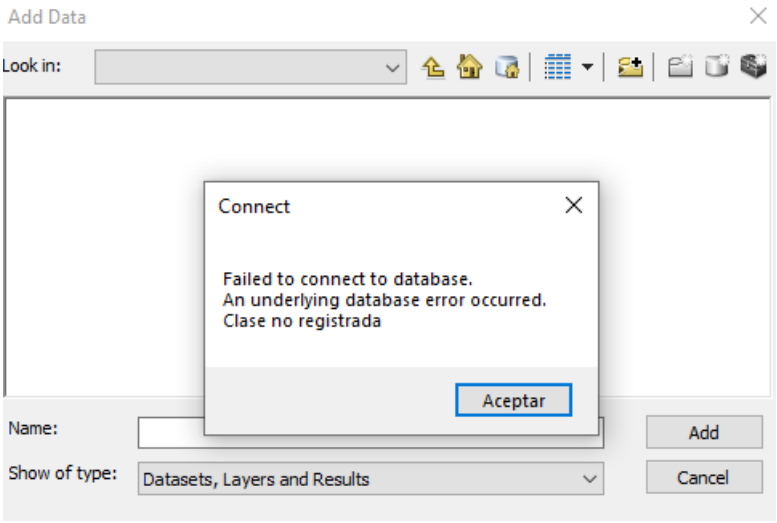
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	OBJECTID	NOMBRE_EST	CoordNte	CoordEste	ZONA	DIRECCION	BARRIO_GE	WEB	NOMBRE_UPZ	ESTRATO
2	1	COLEGIO AQUILEO PARRA (IED)	118751.681	104256.562	URBANA	KR 18 A # 187 - 65/67	EL VERBENAL 1		VERBENAL	7
3	2	COLEGIO AGUSTIN FERNANDEZ (IEI	114760.590	105929.642	URBANA	KR 7 # 155 - 20	BOSQUE DE PINOS III	http://rectoriagustinfernandi	LOS CEDROS	7
4	3	COLEGIO AGUSTIN FERNANDEZ (IEI	115080.036	106643.144	URBANA	KR 1 A ESTE # 161 - 24	CERROS NORTE	http://rectoriagustinfernandi	SAN CRISTOBAL NORTI	1
5	4	COLEGIO AGUSTIN FERNANDEZ (IEI	115359.108	106810.476	URBANA	KR 1 ESTE # 163 - 60	SANTA CECILIA PUENTE N	http://rectoriagustinfernandi	SAN CRISTOBAL NORTI	1
6	5	COLEGIO FRIEDRICH NAUMANN (IE	116924.461	106028.037	URBANA	AK 7 # 171 B - 26	LA GRANJA NORTE	https://www.redacademica.(	LA URIBE	2
7	6	COLEGIO FRIEDRICH NAUMANN (IE	117993.437	105769.439	URBANA	CL 182 # 6 - 30	HORIZONTES NORTE	https://www.redacademica.(	VERBENAL	2
8	7	COLEGIO TOBERIN (IED)	116504.640	104221.792	URBANA	CL 166 # 16 C - 15	EL TOBERIN		TOBERIN	3
9	8	COLEGIO TOBERIN (IED)	116237.168	104641.532	URBANA	KR 14 C # 164 - 75	LA PRADERA NORTE		TOBERIN	3
10	9	COLEGIO TOBERIN (IED)	116242.684	104114.584	URBANA	KR 17 # 163 A - 22	LAS ORQUIDEAS		TOBERIN	3
11	10	COLEGIO NUEVO HORIZONTE (IED)	118876.631	105738.286	URBANA	KR 5 B # 189 B - 30	BUENAVISTA	https://www.redacademica.(	VERBENAL	2
12	11	COLEGIO NUEVO HORIZONTE (IED)	118886.843	105898.055	URBANA	CL 190 # 4 - 15	BUENAVISTA II SECTOR	https://www.redacademica.(	VERBENAL	2
13	12	COLEGIO NUEVO HORIZONTE (IED)	118456.454	106024.786	RURAL	KR 3 # 186 B - 04	LA ESTRELLITA I	https://www.redacademica.(	VERBENAL	2
14	13	COLEGIO NUEVO HORIZONTE (IED)	122547.957	105292.744	RURAL	KR 7 CL 224 COSTADO S	TORCA	https://www.redacademica.(	ZONA NORTE	7
15	14	COLEGIO LA ESTRELLITA (IED)	118602.190	105934.293	URBANA	KR 4 # 187 B - 37	BUENAVISTA		VERBENAL	2
16	15	COLEGIO UNION COLOMBIA (IED)	118046.583	105555.596	URBANA	KR 7 A # 182 A - 07	EL ROCIO NORTE	www.unioncolombia.com --	VERBENAL	3
17	16	COLEGIO UNION COLOMBIA (IED)	118735.014	105497.220	URBANA	CL 189 # 7 - 05	TIBABITA	www.colegiounioncolombia.(	VERBENAL	3
18	17	COLEGIO SALUDCOOP NORTE (IED)	117902.503	104118.329	URBANA	CL 181 # 18 B - 83	SAN ANTONIO NOROCCIDENTAL		VERBENAL	2
19	18	COLEGIO DE BACHILLERATO PATRI/	109578.820	103796.261	URBANA	CL 100 # 11 - 00	ESCUELA DE INFANTERIA	www.liceosejercito.edu.co	USAQUEN	7
20	19	FUNDACION LA ENSE ÞANZA	118506.034	105457.638	URBANA	KR 7 A # 186 - 63	TIBABITA		VERBENAL	3
21	20	INSTITUTO PEDAGOGICO NACIONA	111942.474	104744.706	URBANA	AC 127 # 11 - 20	S.C. LA CAROLINA	www.pedagogica.edu.co -- '	COUNTRY CLUB	6
22	21	COLEGIO USAQUEN (IED)	112278.143	104761.078	URBANA	CL 127 C # 9 A - 03	LA CAROLINA		COUNTRY CLUB	6
23	22	COLEGIO USAQUEN (IED)	114178.275	105038.488	URBANA	AK 9 # 146 - 40	LOS CEDROS ORIENTAL		LOS CEDROS	4
24	23	COLEGIO DIVINO MAESTRO (IED)	115901.241	105526.025	URBANA	KR 8 C # 163 B - 20	SAN CRISTOBAL NORTE	https://www.redacademica.(	SAN CRISTOBAL NORTI	3
25	24	COLEGIO DIVINO MAESTRO (IED)	115881.184	105821.812	URBANA	CL 164 # 7 F - 08	SAN CRISTOBAL NORTE	https://www.redacademica.(	SAN CRISTOBAL NORTI	3
26	25	COLEGIO DIVINO MAESTRO (IED)	115830.207	105881.395	URBANA	KR 7 D # 163 A - 56	SAN CRISTOBAL NORTE	https://www.redacademica.(	SAN CRISTOBAL NORTI	3
27	26	COLEGIO CRISTOBAL COLON (IED)	116087.517	105737.177	URBANA	CL 165 # 8 A - 03 -- CL	SAN CRISTOBAL NORTE 2		SAN CRISTOBAL NORTI	3
28	27	COLEGIO CRISTOBAL COLON (IED)	115762.103	106221.015	URBANA	KR 5 A # 163 D - 46	BOSQUE DE PINOS		SAN CRISTOBAL NORTI	2
29	28	COLEGIO CRISTOBAL COLON (IED)	116276.899	106459.824	URBANA	CL 167 # 3 - 44	SORATAMA		SAN CRISTOBAL NORTI	7
30	29	COLEGIO GENERAL SANTANDER (IEI	115313.951	105504.503	URBANA	CL 159 # 8 - 56	BARRANCAS NORTE		SAN CRISTOBAL NORTI	3
31	30	COLEGIO COLSUBSIDIO NORTE	115038.338	104070.721	URBANA	CL 151 # 15 - 70	LAS MARGARITAS	http://publico.colsubsidio.co	LOS CEDROS	7
32	31	FUNDACION COLEGIO CLARA CASA	116606.606	105344.929	URBANA	KR 8 G # 168 - 30	SANTA TERESA	www.colegioclaracasas.edu.(	LA URIBE	3
33	32	COLEGIO EUCARISTICO	117043.111	104031.016	URBANA	CL 170 # 17 A - 32	LAS GRANJAS DEL NORTE	www.colegioeucaristico.edu.	LA URIBE	7
34	33	COLEGIO CALASANZ	117518.182	103841.956	URBANA	KR 20 A # 173 A - 10	LA URIBE	www.ccb.edu.co	LA URIBE	4
35	34	COLEGIO JOSE MANUEL MARROQU	116026.662	105503.262	URBANA	KR 8 C # 164 - 24	SAN CRISTOBAL NORTE	www.colegiojosemanuelmar	SAN CRISTOBAL NORTI	3
36	35	ESCUELA PEDAGOGICA EXPERIMEN	108760.940	106574.070	RURAL	KM 5 VIA A LA CALERA	LA CALERA	www.epe.edu.co	CERROS ORIENTALES	7
37	36	CENTRO EDUCATIVO Y CULTURAL E	112143.288	104618.127	URBANA	CL 127 A # 11 B - 54	BELLA SUIZA	www.educacion.es/exterior/	COUNTRY CLUB	6
38	37	CENTRO SANTA MARIA	118413.624	104959.236	URBANA	KR 11 # 185 B - 17	SAN CRISTOBAL NORTE	www.centrosantamaria.com	VERBENAL	3
39	38	COLEGIO FUNDACION LA PAZ	115928.518	105490.036	URBANA	KR 8 C BIS # 163 B - 25	SAN CRISTOBAL NORTE		SAN CRISTOBAL NORTI	3

Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Como se puede apreciar, los nombres de los campos son OBJECTID, NOMBRE_EST, CoordNte, CoordEste, ZONA, DIRECCION, BARRIO_GE, WEB, NOMBRE_UPZ y ESTRATO. Para ubicar los colegios espacialmente, se requieren solo los campos **CoordNte** y **CoordEste**, los cuales representan las coordenadas norte y este de dichos colegios.

A continuación, se procede a guardar el archivo en formato **.xls** (Libro de Excel 97-2003). De no guardarlo con dicho formato de compatibilidad, al momento de realizar la conexión con el libro de Excel este no será reconocido y cargará el siguiente aviso (ver Figura 20).

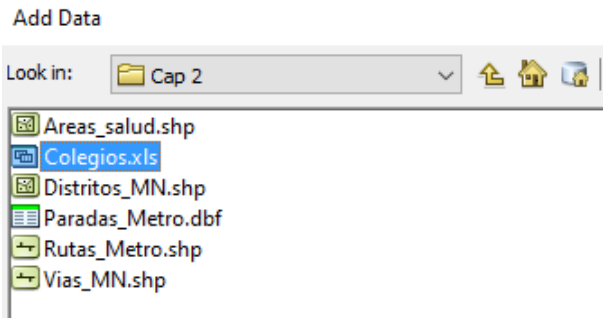
Figura 20. Conexión fallida por incompatibilidad del archivo Excel



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Una vez guardado el libro de Excel en formato compatible, se procede a cargar este mediante la opción *Add Data* ( ). Una vez seleccionado el archivo, dé clic en Agregar (ver Figura 21).

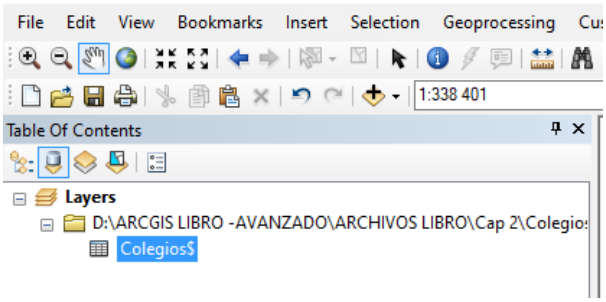
Figura 21. Conexión de archivo de Excel



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Una vez cargado el archivo, se deberá seleccionar la respectiva hoja de Excel en la cual se encuentran los datos. Para este caso, será la hoja denominada **Colegios$**. Finalmente, dé clic en Agregar. Aunque en el espacio de dibujo aún no se muestra nada, en la Tabla de Contenido deberá aparecer la ruta y el libro cargado, tal como se muestra en la Figura 22. Es de aclarar que se trata simplemente de un archivo temporal que después podrá ser eliminado.

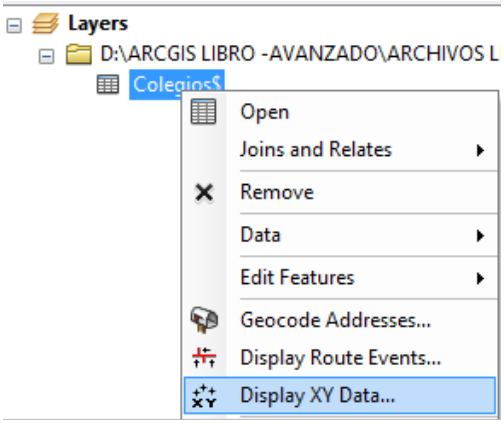
Figura 22. Libro de Excel conectado



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

A continuación, dé clic derecho sobre el libro **Colegios$** y, seguidamente, seleccione la opción *Display XY Data*.

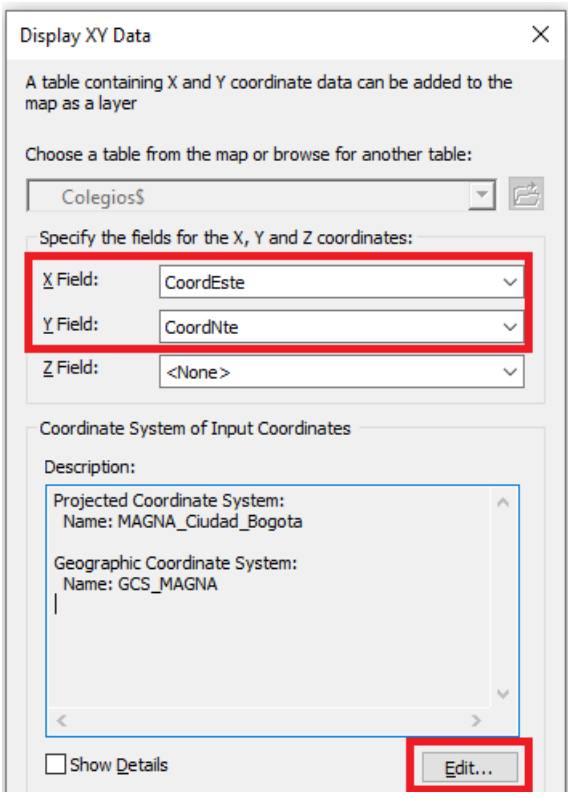
Figura 23. Seleccionar la opción *Display XY Data*



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

En la tabla emergente se debe seleccionar, en el campo X, el campo del libro de Excel que contiene las coordenadas X o estes. De igual manera, en el campo Y se debe seleccionar aquel campo que contenga las coordenadas nortes. Seleccione los respectivos campos como corresponde y luego asigne el sistema de coordenadas dando clic en el botón *Edit* según el tipo de coordenadas que contenga el archivo. Para este ejemplo, son coordenadas proyectadas planas cartesianas MAGNA_Ciudad_Bogota (ver Figura 24). Es de aclarar que el campo Z no es requerido, puesto que únicamente interesa representar los puntos en coordenadas nortes y estes. Es decir, el campo Z solo sería un valor de altura que no incide en la ubicación geográfica de los elementos, por lo que no se selecciona un campo. Para terminar, dé clic en *OK*.

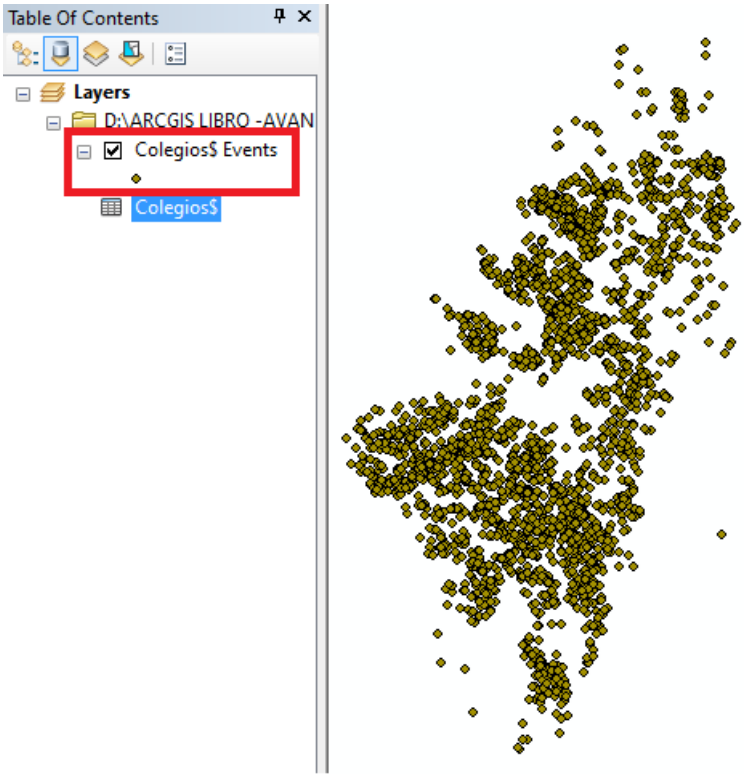
Figura 24. Relación de campos de coordenadas



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

En la pantalla aparecerán cargados los colegios de la ciudad de Bogotá. Como se puede apreciar en la Tabla de Contenido, se ha creado un archivo tipo punto denominado **Colegios$ Events**, el cual es un evento y como tal es un archivo temporal, es decir, aún no se ha creado el archivo *shapefile* definitivo para usarlo posteriormente en otros trabajos.

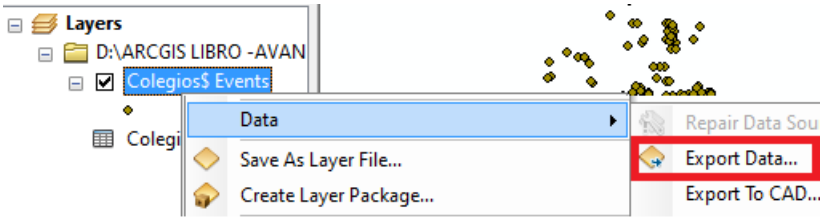
Figura 25. Archivo temporal de colegios



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Para guardar el archivo de Colegios, dé clic derecho sobre **Colegios$ Events** y, seguidamente, seleccione la opción *Data* > *Export Data* (ver Figura 26).

Figura 26. Opción *Export Data*

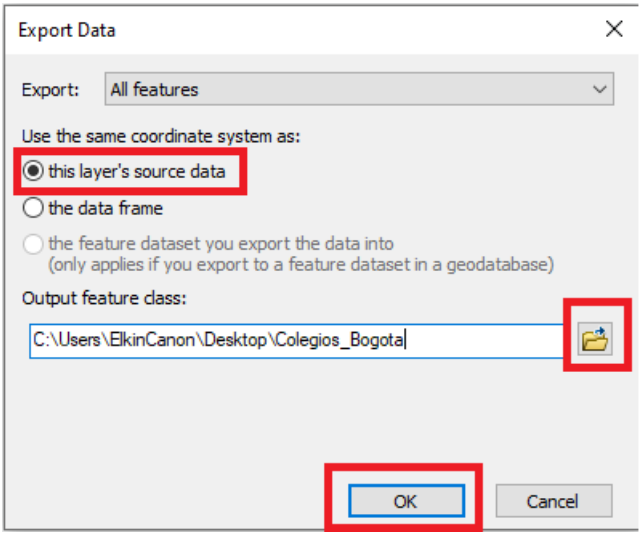


Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Seguidamente, enrute el *shapefile* por guardar en la ubicación deseada (para este caso, el escritorio). Asigne un nombre (para el ejemplo será **Colegios_Bogota)** y, por último, verifique que se encuentre seleccionada la opción del sistema de coordenadas de origen, es decir, el que se configuró previamente con el fin de que se exporte con las coordenadas

apropiadas. Para terminar, haga clic en *OK*. Ya exportado el archivo, podrá cargarlo y realizar las operaciones requeridas sobre este (ver Figura 27). Tanto el evento como el libro pueden ser eliminados.

Figura 27. Opción de exportación de archivo temporal



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

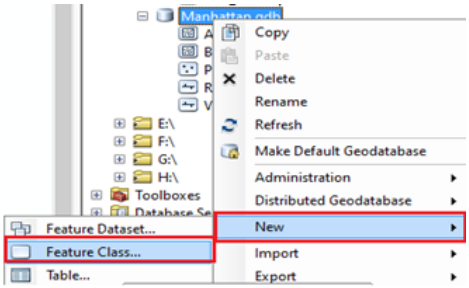
1.3 Creación de *Feature Classes*

Cuando convirtió datos de *shapefile* en el ejercicio anterior, aceptó las propiedades espaciales de los datos existentes. De igual modo, cuando mapeó los puntos XY a partir de datos tabulares, tuvo que definir la referencia espacial. De la misma manera, cuando crea una nueva clase de entidad vacía para entidades que aún no se han recopilado, debe definir la referencia espacial, así como la geometría de la clase de entidad: punto, línea o polígono.

Ahora, puede convertir fácilmente los datos espaciales existentes de la ciudad a un formato de geodatabase. También necesita saber cómo crear nuevos datos en la geodatabase. Aunque la ciudad tiene datos SIG para muchos de sus activos administrados, todavía hay algunos conjuntos de datos que deben crearse. En este ejercicio creará una clase de entidad de tipo polígono para los parques infantiles de la ciudad. Posteriormente, agregará campos de atributos para las fechas de inspección y el distrito de Nueva York en el que se encuentra cada parque. Para este último atributo, creará un dominio de atributo que evita errores al limitar los valores a los nombres de distritos válidos.

Para ello, dé clic derecho en la ventana *Catalog* sobre la geodatabase Manhattan. Seguidamente, seleccione la opción *New* > *Feature Class* (ver Figura 28).

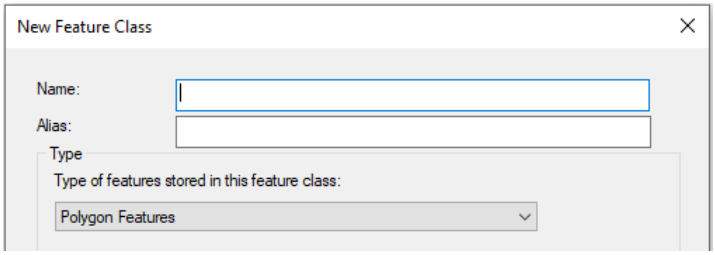
Figura 28. Crear nuevo *Feature Class*



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Esto abre el primer panel del asistente llamado *New Feature Class* o Nueva clase de entidad (ver Figura 29).

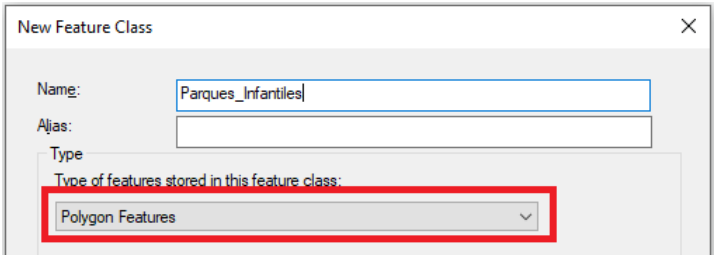
Figura 29. Asistente de creación de *Feature Class*



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Luego, en el cuadro Nombre, escriba Parques_Infantiles. De forma predeterminada, la propiedad Tipo está establecida como una entidad de tipo polígono, por lo que no es necesario realizar ningún cambio. Dé clic en Siguiente (ver Figura 30).

Figura 30. Creación de *Feature Class*

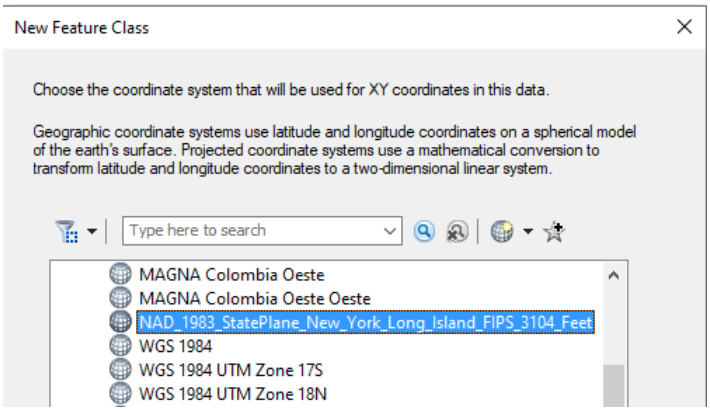


Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Posteriormente, haga clic en Siguiente. En el ejercicio anterior, al cargar el sistema de coordenadas, este se almacenó en Favoritos. Verá el sistema de coordenadas allí mismo.

Haga clic en NAD_1983_StatePlane_New_York_Long_Island_FIPS_3104_Feet. Luego, dé clic en Siguiente (ver Figura 31).

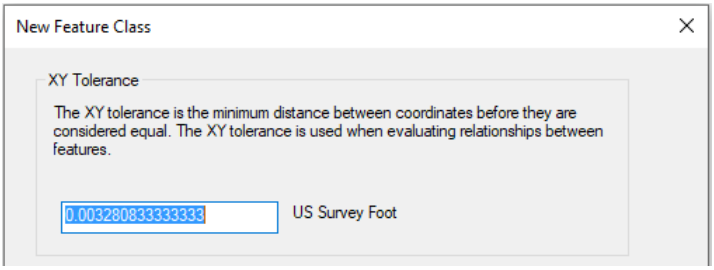
Figura 31. Selección del sistema de coordenadas



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Por otro lado, la tolerancia XY define la distancia mínima entre dos coordenadas antes de que se consideren iguales. Acepte el valor predeterminado y dé clic en Siguiente (ver Figura 32).

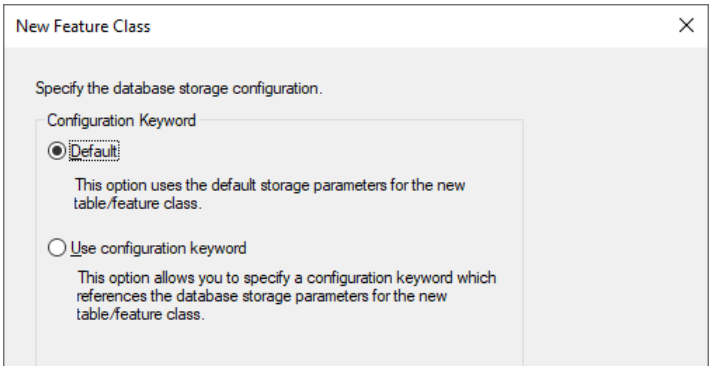
Figura 32. Selección de tolerancia XY



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Entretanto, una configuración de almacenamiento de base de datos le permite ajustar, precisamente, cómo se almacenan los datos en una geodatabase de archivos. Acepte la opción predeterminada y dé clic en Siguiente (ver Figura 33).

Figura 33. Almacenamiento de la base de datos



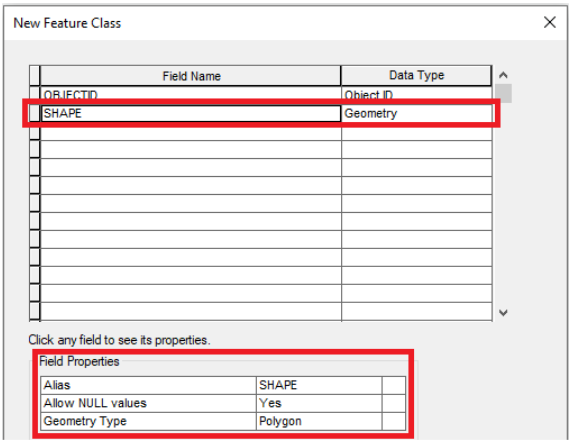
Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

El siguiente panel del asistente muestra los nombres de los campos, los tipos de datos y las propiedades de los campos que pertenecen a la nueva clase de entidad. OBJECTID y SHAPE son campos obligatorios para las clases de entidad de la geodatabase, de manera que el *software* los agrega automáticamente. Asimismo, el campo OBJECTID almacena un número de identificación único para cada característica de la clase, mientras que el campo SHAPE almacena la forma y la ubicación de cada característica.

Según el tipo de clase de entidad creada, ArcGIS también crea y mantiene campos de medición, por lo que se crea un campo SHAPE_Length para clases de entidad de tipo línea. El campo SHAPE_Area se crea para clases de entidad de tipo polígono (el atributo SHAPE_Length para polígonos almacena las longitudes del perímetro). Estos campos de medición aparecen solo después de que se ha creado la clase de entidad.

En la columna Nombre de campo, haga clic en SHAPE. Se muestran las propiedades del campo para el campo FORMA. Observe que el tipo de geometría se establece como polígono (ver Figura 34).

Figura 34. Nombre de los campos



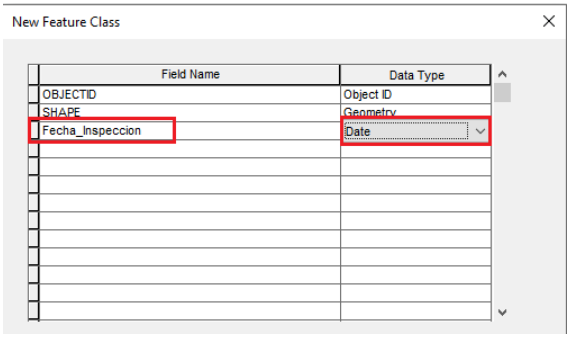
Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.

Por otro lado, en la columna Nombre de campo escriba Fecha_Inspeccion en la primera fila vacía. Recuerde que los nombres de campo no pueden contener espacios ni caracteres especiales como guiones medios, corchetes, tildes, paréntesis o símbolos como $, #,% o &.

Ahora bien, en la columna Tipo de datos, haga clic en la celda vacía junto a Fecha_Inspeccion y, luego, haga clic en *Date* (Fecha).

Otra forma de categorizar las entidades de la geodatabase es utilizar *subtipos*. Con subtipos, puede agrupar entidades en clases separadas sin tener que crear clases de entidades distintas. Por ejemplo, es posible que desee clasificar una clase de entidad de carreteras con los subtipos Principal, Autopista y Utilidad. Para crear subtipos, debe tener un campo entero corto o entero largo en la clase de entidad. El número entero es un código que está asociado con una descripción en la pestaña Subtipos del cuadro de diálogo Propiedades de clase de entidad. Además, se pueden establecer dominios de atributo para cada subtipo, por ejemplo, es posible que desee establecer un rango de dominio para el atributo de límite de velocidad, que variará según el tipo de carretera.

Figura 35. Creación del campo Fecha_Inspeccion



Fuente: elaboración propia con base en ArcGIS 10.5.