



4.a_Modelos de Datos Geográficos.

Niveles de Abstracción de la Realidad

Según Alonso (2006):

- ✦ **Realidad perceptible.** (montañas, lagos, campos de cultivo, etc.).
Nivel propio de los gestores preocupados por problemas de gestión y planificación del espacio.
- ✦ **Modelo conceptual.** Nivel de los científicos que desarrollan, verifican o aplican teorías e hipótesis sobre variables y procesos que tienen lugar en el espacio. Estos consideran la existencia de dos tipos fundamentales de elementos sobre la superficie terrestre: entidades y variables. Deben ser capaces de tomar un problema abstracto del nivel anterior y determinar las variables implicadas en su resolución.

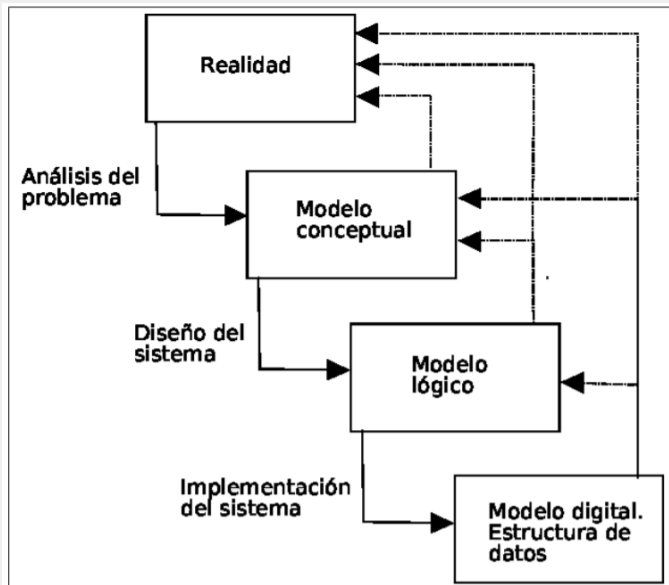


Imagen: <https://bit.ly/2PQDhWc>

- ✦ **Modelo lógico.** Nivel de los técnicos en SIG que utilizan las herramientas del sistema para llevar a cabo, en el ordenador, las tareas requeridas por gestores o científicos. En lugar de trabajar con la realidad trabajan con **REPRESENTACIONES** de la misma que suelen ser de dos tipos: raster y vectorial. Deben decidir cual es la más adecuada para representar las variables obtenidas en el desarrollo del modelo conceptual y cuales son los procedimientos más adecuados para obtenerla con los datos de partida disponibles.
- ✦ **Modelo digital o estructura de datos.** Nivel de informáticos, y desarrolladores de SIG cuya misión es optimizar las estructuras de datos utilizadas para **ALMACENAR** la información y ampliar el repertorio de herramientas para cumplir en la medida de lo posible las necesidades de los científicos y técnicos en SIG.

Niveles de Abstracción de la Realidad

Según Alonso (2006):

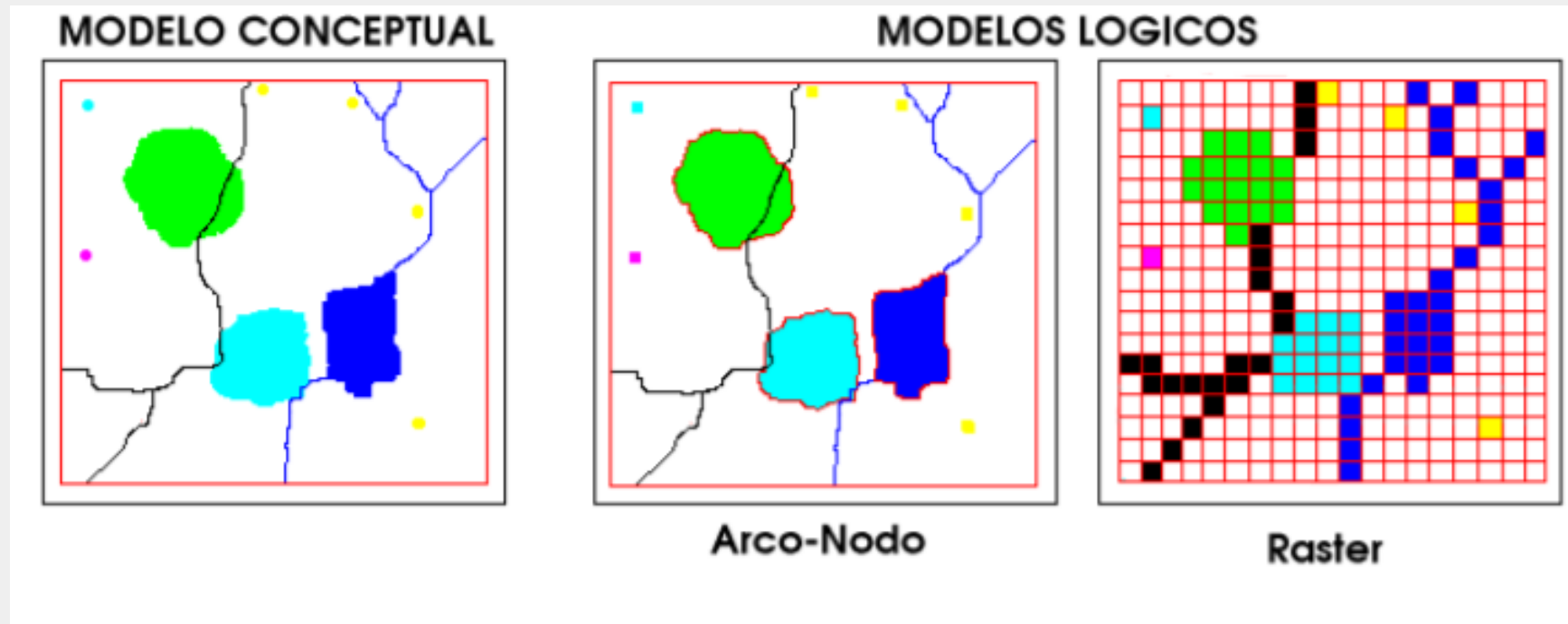


Imagen: <https://bit.ly/2PQDhWc>

Modelos de Datos Geográficos

La forma de representación gráfica es una de las características de mayor relevancia de los datos geográficos, e indica construcciones modélicas y finitas de la compleja realidad.

Los formatos **vectorial** y **ráster**, explican dos grandes modelos de estructura, almacenamiento y organización de los datos gráficos.

El **modelo vectorial** se reconoce geoméricamente con puntos, líneas y polígonos, de coordenadas fijadas en sus nodos, vértices y arcos, y vinculado a atributos almacenados en bases de datos relacionales.

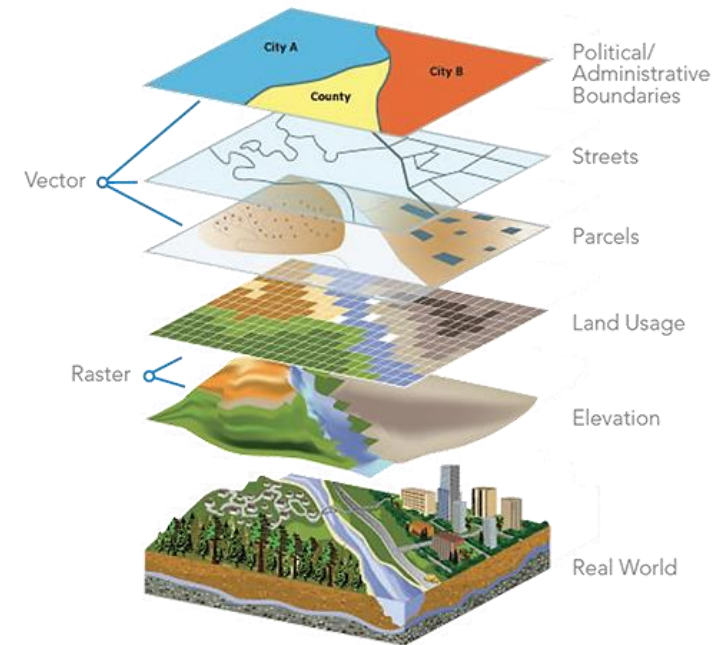


Imagen: <https://bit.ly/3uHwSQn>

El **modelo ráster**, se visualiza por una matriz (cuadrícula fila x columna) o estructura en malla (grid) en la que el pixel – o celda de la cuadrícula –, es la unidad mínima de representación y refleja un valor que define su nivel digital (ND).

Vector Vs. Raster

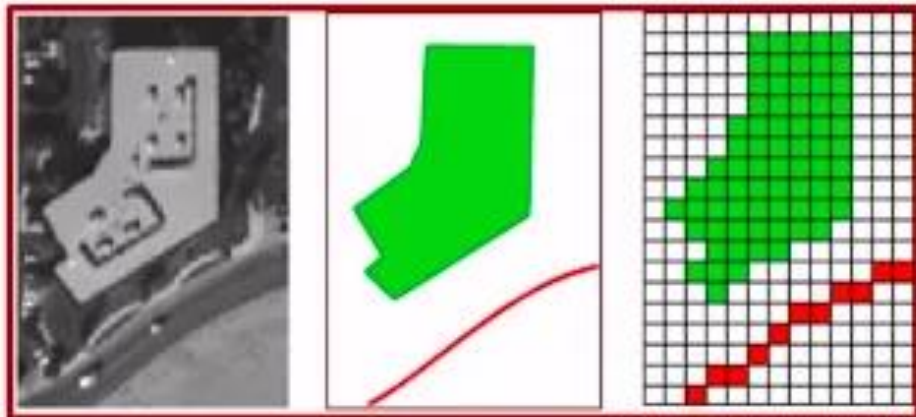
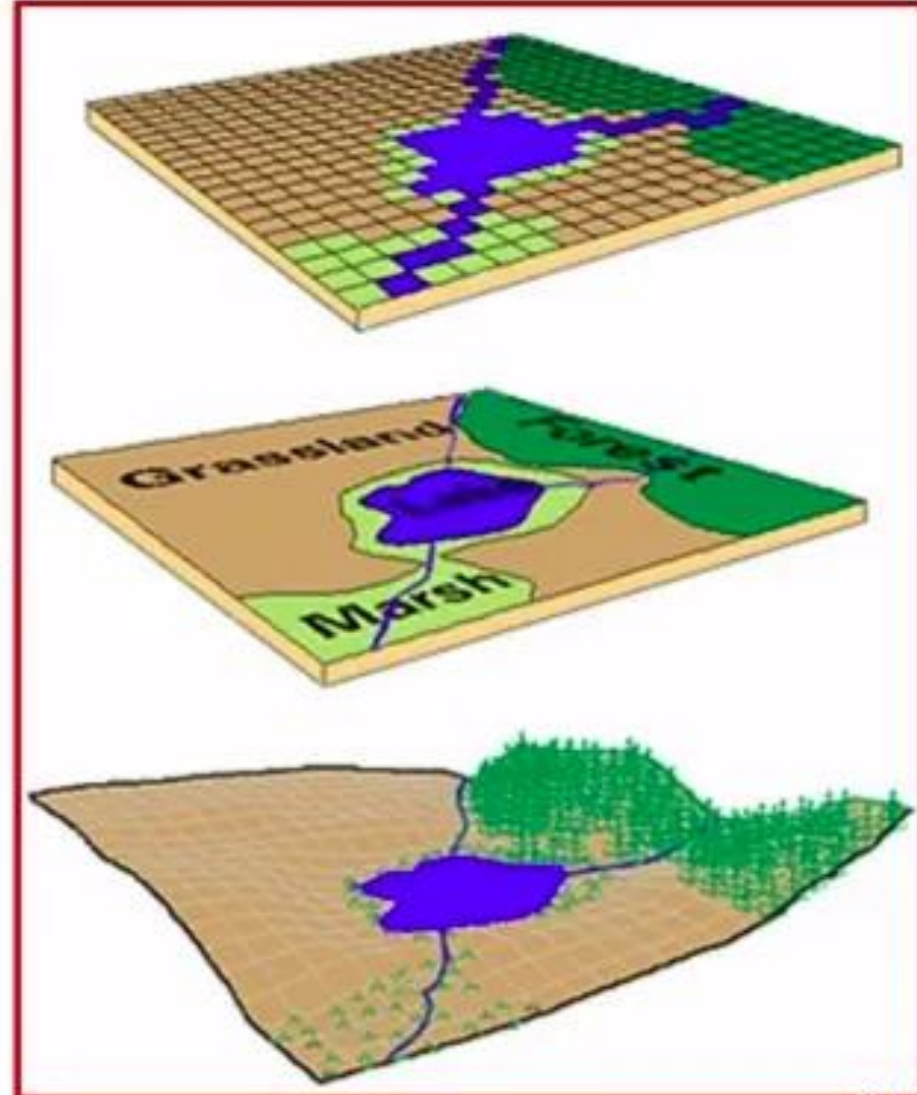
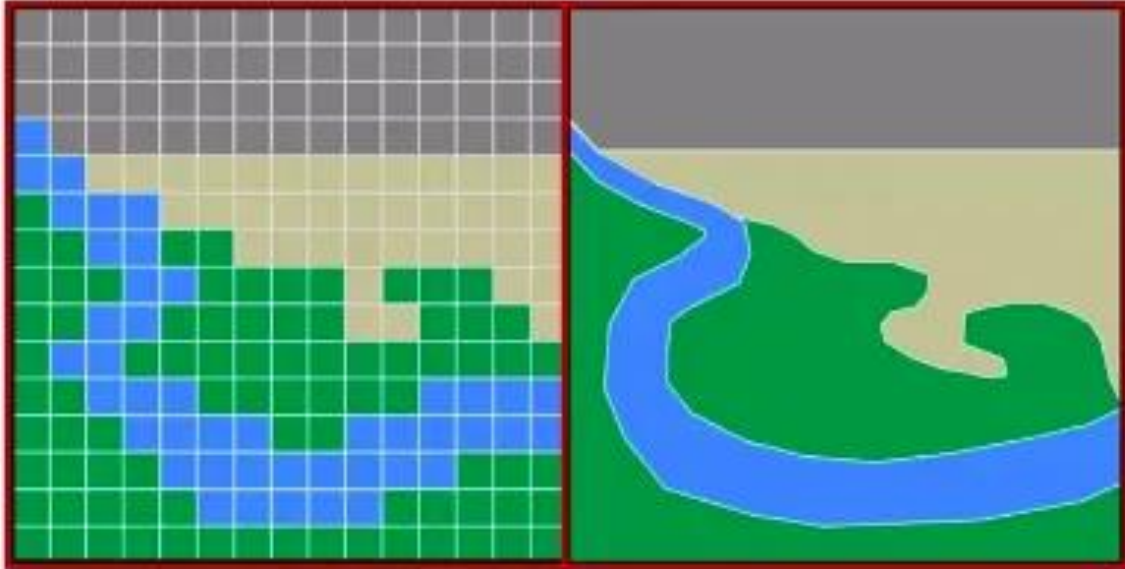


Imagen:
<https://goo.su/NaAs>

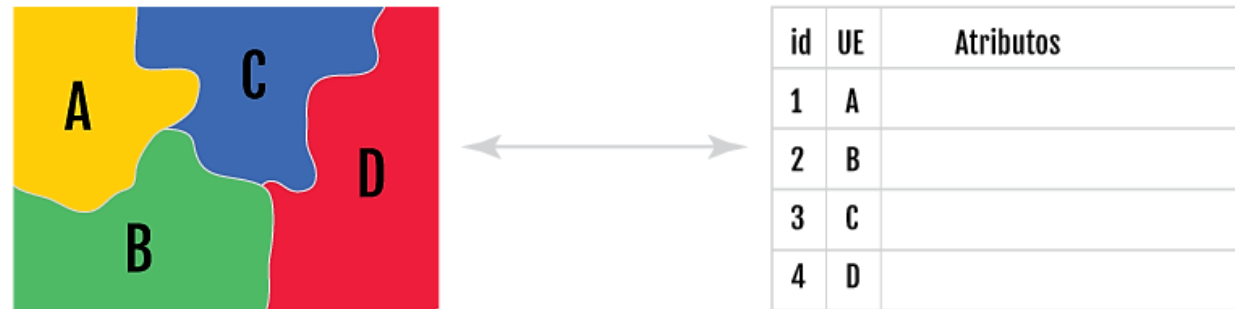
Modelo de Datos Vector

En el **modelo vectorial**, los fenómenos espaciales se representan por las coordenadas que codifican el límite o perímetro que define el elemento.

De esta manera, cada una de las primitivas geométricas que se utilizan para «dibujar» fenómenos geográficos espaciales..., tendrá una representación compuesta por uno o muchos pares de coordenadas.

(Barriga *et al.*, 2012)

Imagen: IGN (hasta 2022) <https://bit.ly/2Ri2XAQ> ;
o López, 2017 (pág. 11) en <https://bit.ly/2MjA7rc>


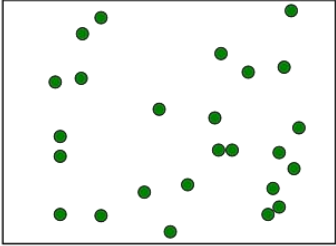

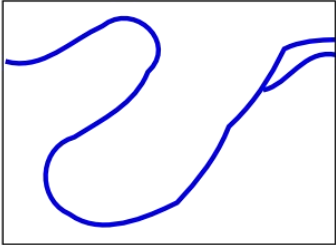

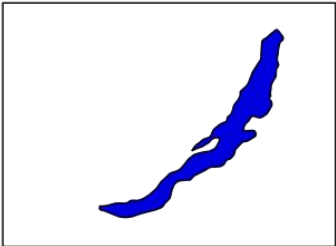


Los **elementos puntuales** se representan mediante el par de coordenadas (X,Y) que definen su posición. Con un solo par (X,Y) queda definido un fenómeno puntual.

Los **elementos lineales** se representan mediante las coordenadas (X,Y) de todos y cada uno de los vértices que definen los tramos que componen la línea. Para representar un fenómeno lineal se necesitan dos o más vértices que sean diferentes, y el primero y el último tienen que ser distintos.

Modelo de Datos Vector

Por último, los **elementos superficiales** se codifican mediante las coordenadas (X,Y) de los vértices que componen la poligonal del recinto cerrado. Para codificar una superficie vectorialmente, se necesitan al menos tres puntos diferentes no alineados. Además, se añade un último vértice que coincide con el primero, cerrando así el polígono. (Barriga *et al.*, 2012)

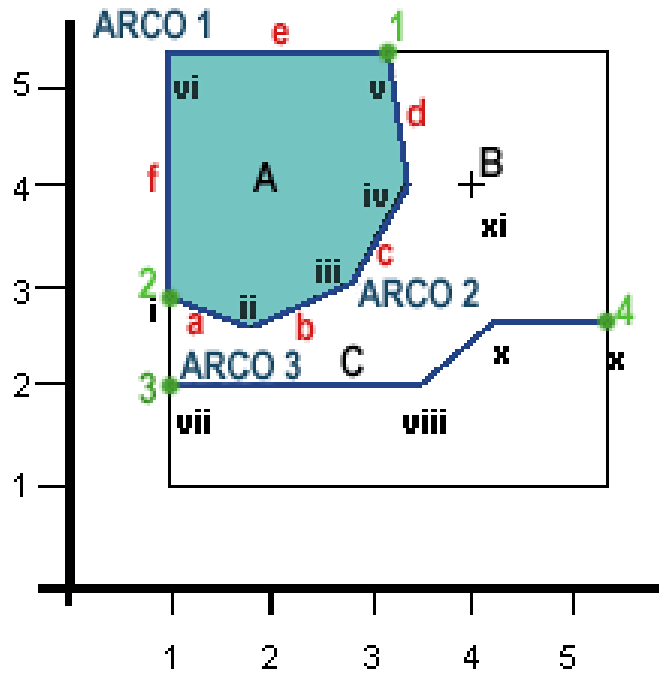
Primitiva	Entidad espacial	Representación	Atributos																		
Puntos			<table border="1"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>Altura</th> <th>Diámetro Normal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>17.5</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>22</td> <td>45.6</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>15</td> <td>27.2</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>19.7</td> <td>36.1</td> </tr> <tr> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> </tr> </tbody> </table>	ID	Altura	Diámetro Normal	1	17.5	35	2	22	45.6	3	15	27.2	4	19.7	36.1	.	.	.
ID	Altura	Diámetro Normal																			
1	17.5	35																			
2	22	45.6																			
3	15	27.2																			
4	19.7	36.1																			
.	.	.																			
Líneas			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ancho máx(m)</th> <th>Calado máx(m)</th> <th>Longitud(km)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15</td> <td>4.3</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>6.3</td> <td>3.9</td> <td>5.2</td> </tr> </tbody> </table>	Ancho máx(m)	Calado máx(m)	Longitud(km)	15	4.3	35	6.3	3.9	5.2									
Ancho máx(m)	Calado máx(m)	Longitud(km)																			
15	4.3	35																			
6.3	3.9	5.2																			
Polígonos			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Superficie(km)²</th> <th>Profundidad máx(m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>31494</td> <td>1637</td> </tr> </tbody> </table>	Superficie(km) ²	Profundidad máx(m)	31494	1637														
Superficie(km) ²	Profundidad máx(m)																				
31494	1637																				

Olaya, 2020. Imagen: <https://bit.ly/2x2iyqF>

Estructura de Datos Vector

Algunas estructuras vectoriales de conformación geométrica y almacenamiento de datos:
Estructura de datos espagueti, Diccionario de vértices, Ficheros DIME, Arco-nodo.

Estructura arco-nodo: el elemento fundamental es el **arco**, donde es una sucesión de líneas a segmentos que comienza en un nodo y termina en otro. Los **nodos** se marcan donde se produce la intersección entre líneas o donde una línea termina.



Escobar et al., 1999.

Fichero 1. Coordenadas de los nodos y vértices de cada arco			
ARCO	Nodo origen	Vértices intermedios	Nodo final
1	3.2, 5.2	1, 5.2	1,3
2	1,3	1.8,2.6 2.8,3 3.3,4	3.2, 5.2
3	1,2	3.5,2 4.2,2.7	5.2,2.7

Fichero 2. Topología de arcos				
ARCO	Nodo origen	Nodo final	Polígono derecha	Polígono izquierda
1	1	2	Externo	A
2	2	1	A	Externo
3	3	4	Externo	Externo

Fichero 3. Topología de polígonos	
Polígono	Arcos
A	1, 2

Fichero 4. Topología de los nodos	
Nodo	Arcos
1	1,2
2	1,2
3	3
4	4
5	5

Imagen: <https://bit.ly/2Mllof7> y <https://bit.ly/2QXMn4r>

Modelo de Datos Raster

El ejemplo más característico de información raster es la imagen, fotografía o modelo digital.

Este formato se consigue mediante la superposición de una **rejilla** de unidades poligonales de igual forma y tamaño, sobre la imagen original (analógica y continua).

A este método se le denomina **rasterización** y a esas unidades **píxel**. (Barriga *et al.*, 2012)

A cada píxel se le asigna el valor asociado al área que representa sobre la imagen original. Si la imagen es una fotografía en color, el valor del píxel lleva asociada el componente RGB del color. Si se trata de un modelo de elevaciones, el píxel representa el valor de la altura del terreno.

Referencia:

1. Unidad Espacial A
2. Unidad Espacial B
3. Unidad Espacial C
4. Unidad Espacial D

1	1	3	3	3	3	4
1	1	1	3	3	4	4
1	1	2	3	3	4	4
2	2	2	2	4	4	4
2	2	2	2	4	4	4

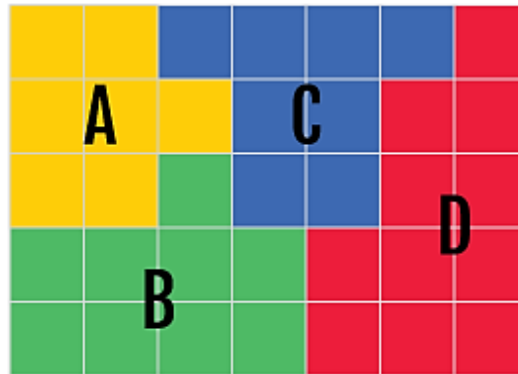
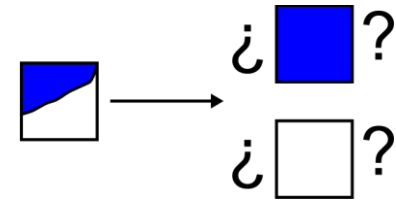


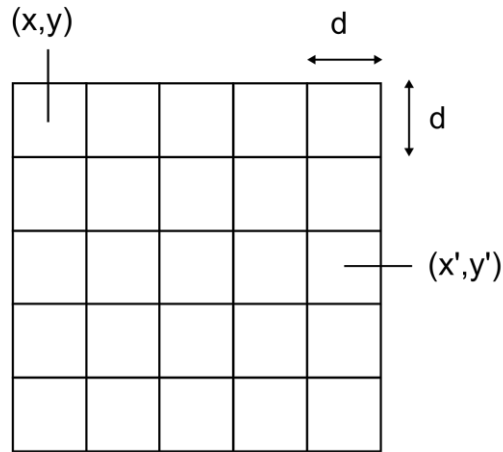
Imagen: IGN (hasta 2022) <https://bit.ly/2Ri2XAQ> ;
o López, 2017 (pág. 11) en <https://bit.ly/2MjA7rc>



Ambigüedad en un píxel raster.
(Olaya, 2020)

Imagen: <https://bit.ly/2x2iyqF>

Modelo de Datos Raster



$$x' = x + 4d$$

$$y' = y + 2d$$

Imagen: <https://bit.ly/2x2iyqF>

La palabra **píxel** proviene de la fusión de las palabras inglesas 'picture' (imagen) y 'element' (elemento).

La longitud de los lados del píxel en unidades del terreno nos proporciona la escala de la imagen raster generada. (Barriga et al., 2012)

La rejilla puede estar formada por tres tipos de figuras geométricas elementales: cuadrados (rectángulos), triángulos regulares y hexágonos.

La rejilla más utilizada es la cuadrada y en este caso, un parámetro fundamental es el tamaño del píxel. Cuánto más pequeño sea, más precisa será la representación digital de la imagen.

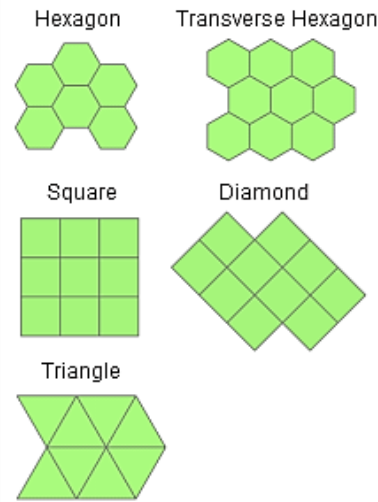
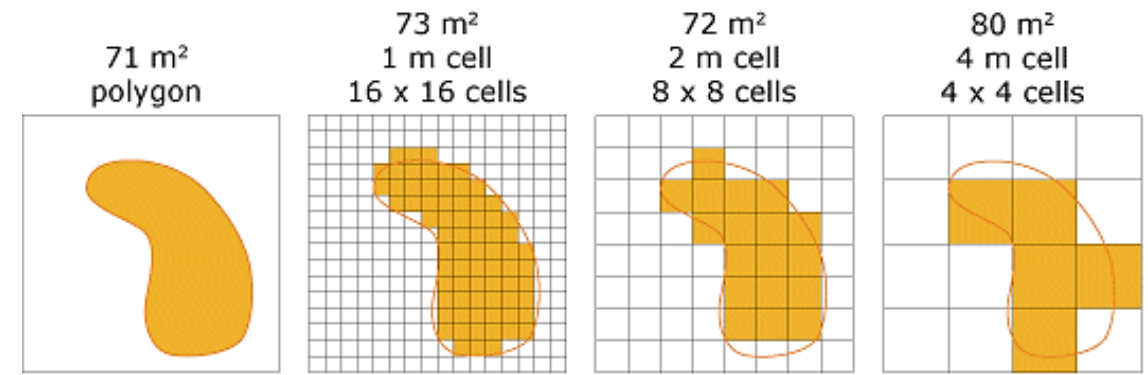


Imagen: <https://bit.ly/3h0y37Q>



- Smaller cell size
- Higher resolution
- Higher feature spatial accuracy
- Slower display
- Slower processing
- Larger file size

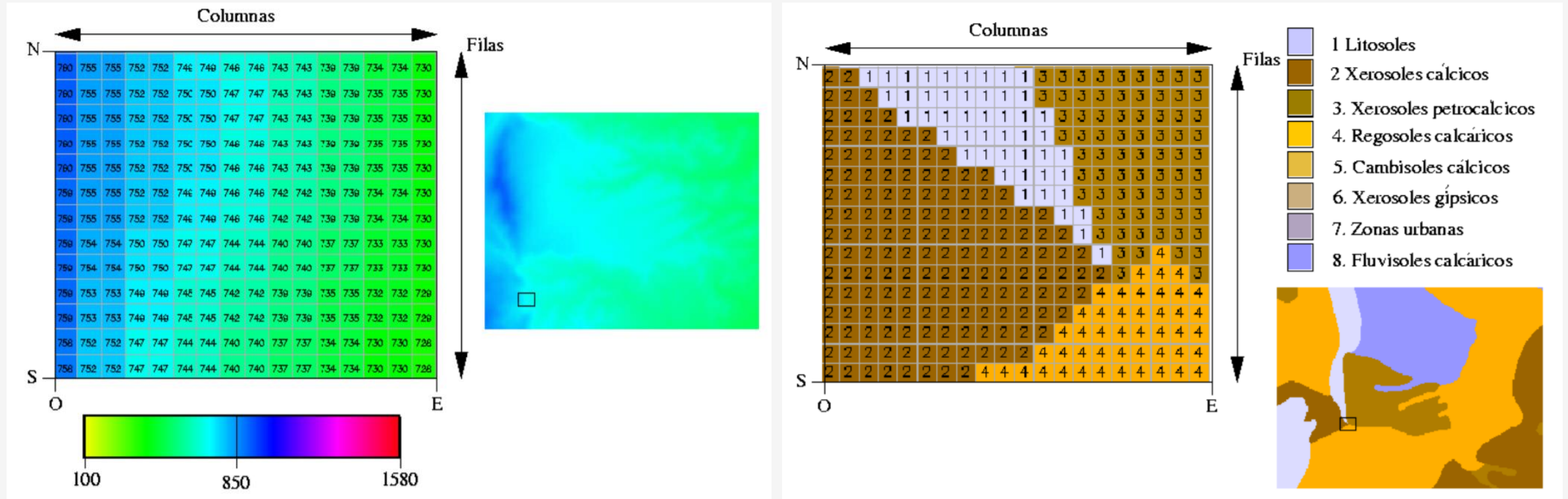
- Larger cell size
- Lower resolution
- Lower feature spatial accuracy
- Faster display
- Faster processing
- Smaller file size

Imagen: <https://bit.ly/2A99yoy>

La estructura regular de la malla ráster permite conocer las coordenadas de las celdas sin necesidad de almacenar estas, sino tan solo recogiendo algunos parámetros de la malla como la localización de una **celda base** (x, y), la orientación global o el **tamaño de celda** (d). (Olaya, 2020)

Modelos Digitales en Formato Raster

Modelos Digitales en formato raster (Alonso, 2006)

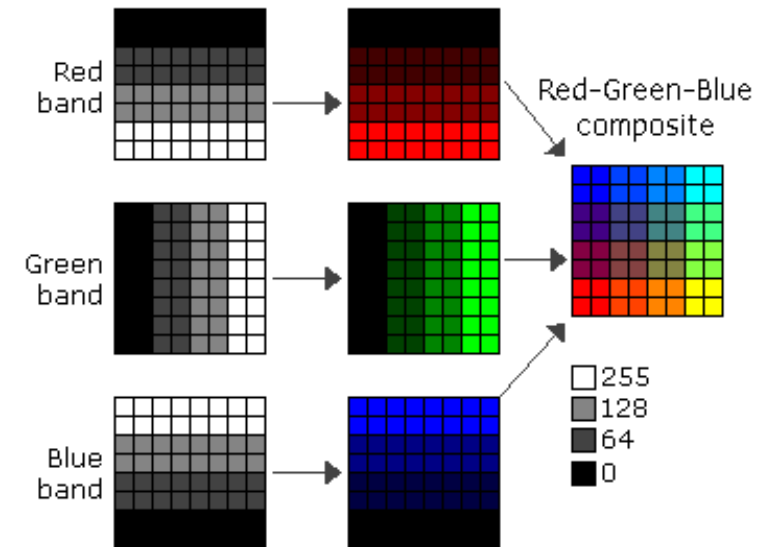


Codificación de una variable cuantitativa (izquierda) y codificación de una variable cualitativa (derecha).

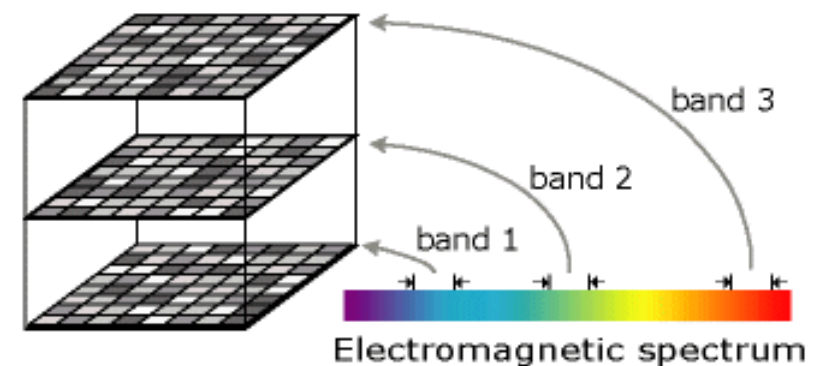
Modelo de Datos Raster

Aunque el mayor problema de las capas ráster es su gran volumen, existen diversas alternativas enfocadas a mejorar la velocidad de acceso a datos y el rendimiento de las operaciones. Estas alternativas afectan a las imágenes con múltiples bandas, que se recogen en un único fichero, en el cual se incorpora toda la información de las distintas bandas.

La forma en la que las bandas se tratan dentro del fichero y el modo en que se ordenan los píxeles de las distintas bandas, ambas definen el esquema de almacenamiento, presentando cada uno de ellos una serie de ventajas de rendimiento en función de la actividad principal que se vaya a desarrollar con la imagen. (Olaya, 2020)



Composición RGB a partir de tres bandas del espectro visible del EEM.



Imágenes: <https://bit.ly/3h5I700>

Vector Vs. Raster

	Modelo de datos vector	Modelo de datos raster
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • En cuanto al concepto, son ideales para representar variables discretas. • Genera una estructura de datos más compacta que el modelo raster. • Genera una codificación eficiente de la topología y, consecuentemente, una implementación más eficiente de las operaciones que requieren información topológica, como el análisis de redes. • El modelo vectorial es más adecuado para generar salidas gráficas. • Mejores estimaciones de área, perímetro y longitud. • Se pueden adaptar bajo bases de datos orientadas a objetos. • Análisis de redes más consistentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • En cuanto al concepto, son ideales para representar variables continuas. • Es una estructura de datos simple. • Las operaciones de superposición de mapas se implementan de forma más rápida y eficiente. • Cuando la variación espacial de los datos es muy alta, el formato raster es una forma más eficiente de representación. • El formato raster es requerido para un eficiente tratamiento y realce de las imágenes digitales. • La diferente topología de las unidades espaciales dificulta los ejercicios de simulación. • Útil para análisis de grandes extensiones con baja precisión de propiedades espaciales.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Es una estructura de datos más compleja que el modelo raster. • Las operaciones de superposición de mapas son más difíciles de implementar. • Resulta poco eficiente cuando la variación espacial de los datos es muy alta. • El tratamiento y realce de las imágenes digitales no puede ser realizado de manera eficiente en el formato vectorial. • Las superposiciones exigen más verificación de errores y pueden ser más lentas. 	<ul style="list-style-type: none"> • La estructura de datos raster es menos compacta. • Ciertas relaciones topológicas son más difíciles de representar. • La salida de gráficos resulta menos estética. • Alto nivel de error en estimaciones de área, perímetro y longitud. • Gran espacio de almacenamiento a medida que aumenta la resolución. • Desperdicio de espacio de almacenamiento para datos espaciales esparcidos. • Análisis de redes muy complejos y menos consistentes. • Transformación de coordenadas menos eficiente.

Fuente: Gutiérrez y Gould 1994.

En el cuadro se indican algunas diferencias entre ambos modelos, conociendo sus ventajas y desventajas: (CIAF, 2011)

Imagen:

<https://bit.ly/31iKUuc>

Componentes de los Datos Geográficos

Componente de relaciones

Los objetos espaciales mantienen **ciertas relaciones entre sí basadas en el espacio**.

Se trata de un número elevado de relaciones (como conectividad, contigüidad, proximidad, etc.) por lo que no es posible que todas ellas sean almacenadas en un Sistema de Información Geográfica.

Algunas están explícitamente definidas en un SIG, otras son calculadas cuando son requeridas o sencillamente no están disponibles (Aronoff, 1989).

Así, por ejemplo, numerosos SIG almacenan explícitamente la relación topológica de contigüidad entre dos polígonos, pero en cambio en relación de proximidad (cerca/lejos) entre dos objetos puede ser calculada en el momento requerido a través de la geometría, de la localización de ambos objetos, de acuerdo con lo que entienda el usuario por los términos cerca/lejos.

Así, a menos de una determinada distancia con respecto a ese objeto, previamente especificada por el usuario. (Dorado *et al.*, 2008)

Relaciones Espaciales

Los objetos espaciales mantienen ciertas relaciones entre sí basadas en el espacio.

Es difícil hacer una relación exhaustiva de relaciones espaciales. Frank y Mark (1991) recogen distintas relaciones espaciales fundamentales que pueden ser enumeradas de la siguiente forma:

- | | |
|----------------------|-----------------|
| 1. A la derecha de | 9. Lejos de |
| 2. A la izquierda de | 10. Tocando con |
| 3. Junto a | 11. Entre |
| 4. Encima de | 12. Dentro de |
| 5. Debajo de | 13. Fuera de |
| 6. Detrás de | 14. Al norte de |
| 7. Delante de | 15. Al sur de |
| 8. Cerca de | 16. Al oeste de |
| | 17. Al este de |

Imagen: <https://bit.ly/2XDteHO>

Pullar, 1988, propone los siguientes tipos de relaciones espaciales: (Olaya, 2020)

- **Relaciones direccionales**, que describen el orden en el espacio. Por ejemplo, *al norte de*, *al sur de*, etc.
- **Relaciones topológicas**, las cuales describen la vecindad e incidencia. Por ejemplo, *son disjuntos* o *son adyacentes*.
- **Relaciones comparativas**, que describen la inclusión. Por ejemplo *está en*.
- **Relaciones de distancia**, tales como *lejos de* o *cerca de*.
- **Relaciones «difusas»** tales como *al lado de* o *a continuación*.

Topología

La **Topología** es una rama de las Matemáticas que analiza la posición de los objetos ocupándose de aquellas propiedades que permanecen invariantes cuando dichos objetos se pliegan, dilatan, contraen o se deforman, de modo que no aparezcan nuevos puntos, o coincidan puntos diferentes. (Barriga *et al.*, 2012)

El ejemplo topológico relacionado con fenómenos geográficos y espaciales más característico, es el plano de una red de metro o tranvía . Estos planos representan las estaciones y las líneas férreas que las unen. Son representativos de la realidad y perfectamente útiles para el usuario, pero las posiciones absolutas de las estaciones, las formas de las líneas, la longitud o la escala no son exactas. En términos geométricos, el plano es imperfecto pero la información topológica es exacta. Es decir, resulta útil para conocer y decidir el camino a seguir a la hora de desplazarse por la red.

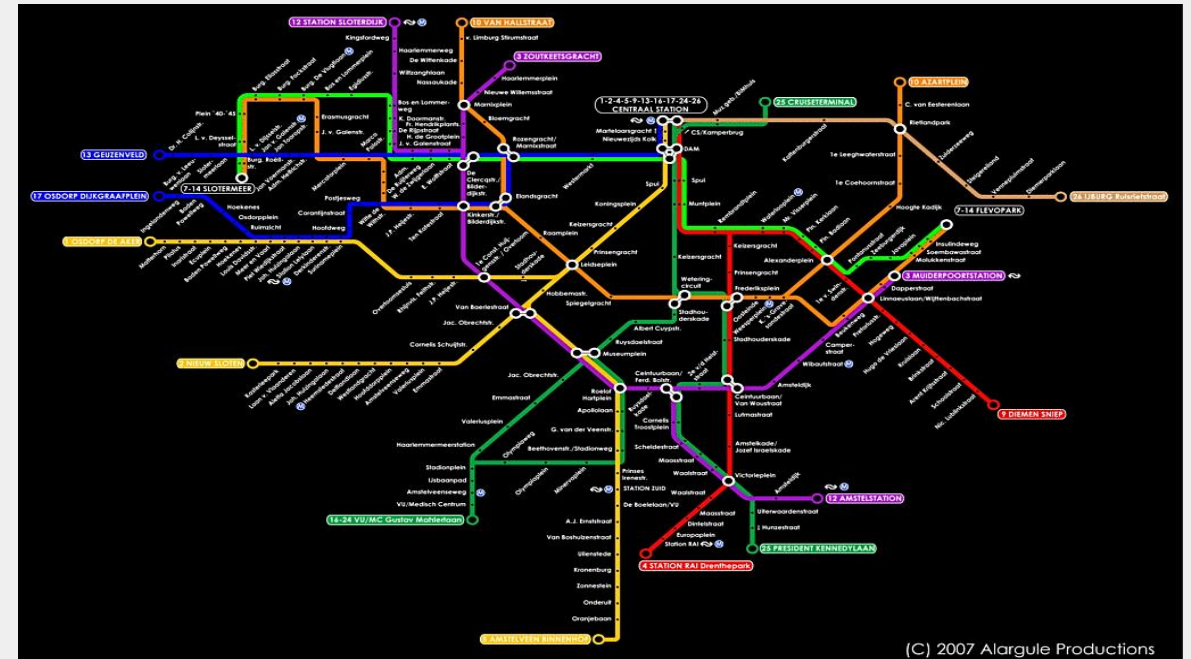


Imagen: <https://bit.ly/3I8I4PO>

Relaciones Topológicas

Desde un punto de vista práctico, la **topología** asociada a datos geográficos espaciales se refiere a las **intersecciones** (nodos o vértices) y a los **segmentos comunes** (arcos) que existen en las coincidencias espaciales de los diversos fenómenos que componen la realidad. (Barriga *et al.*, 2012)

Los arcos son segmentos que tienen la misma topología y los nodos son vértices en los que se cruzan tres o más arcos, o el punto terminal de un arco.

No siempre es posible almacenar topología en estructuras de datos vectoriales.

Si bien es cierto que una de las ventajas de los datos en formato vectorial es la capacidad de almacenar explícitamente la información topológica a través de las coordenadas de los nodos, los vértices y los polígonos.

En **estructuras raster**, la implantación de topología se realiza implícitamente al disponer del valor de clase de la celda.

Las relaciones topológicas básicas e implícitas son las de vecindad.

Reglas Topológicas

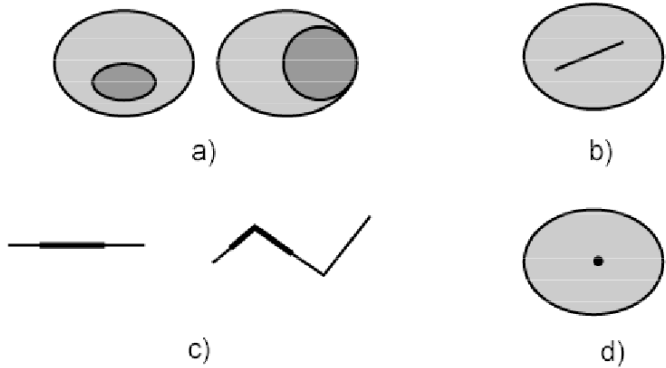


Figure 22: Examples of the "Within" relationship
Polygon/Polygon (a), Polygon/LineString (b), LineString/LineString (c), and Polygon/Point (d)

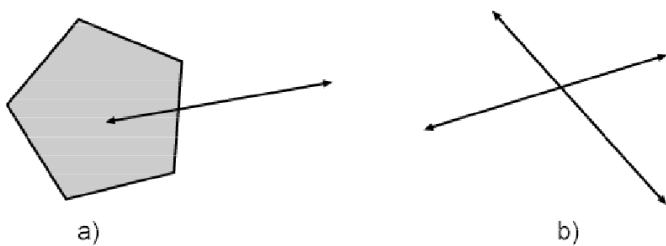


Figure 21: Examples of the Crosses relationship
Polygon/LineString (a)
and LineString/LineString (b)

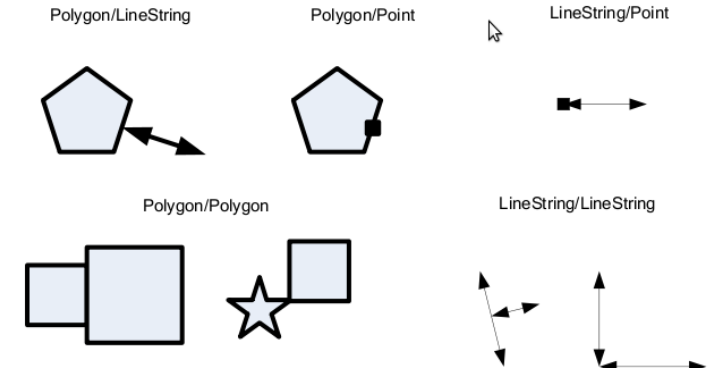
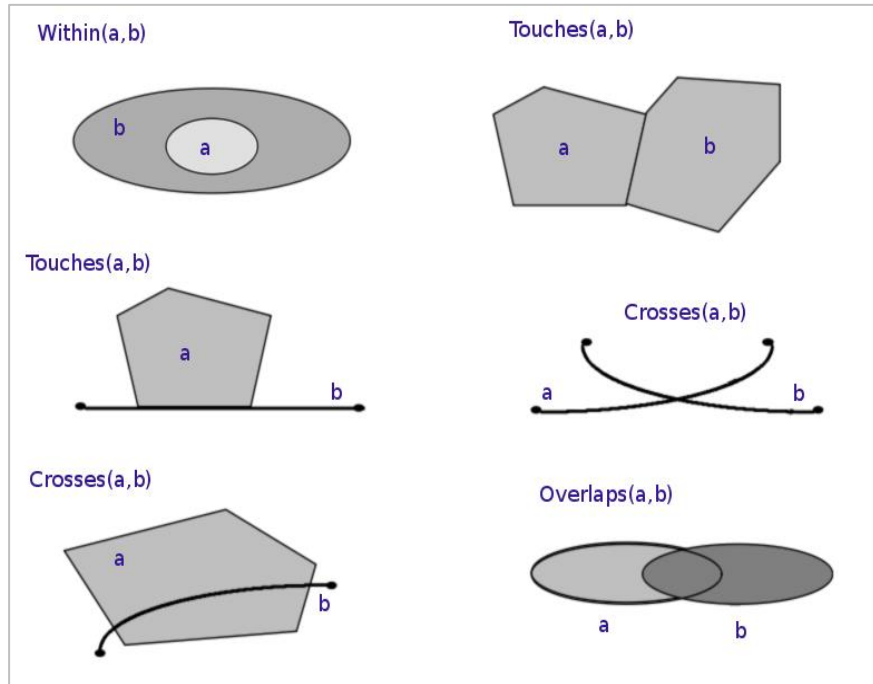


Figure 20: Examples of the Touches relationship

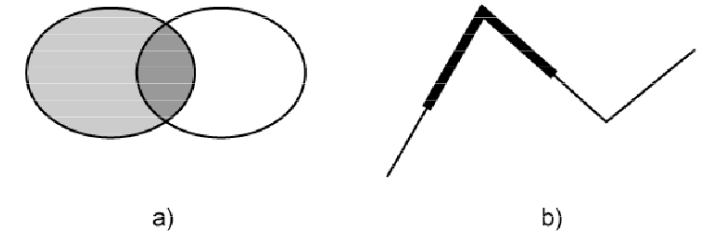
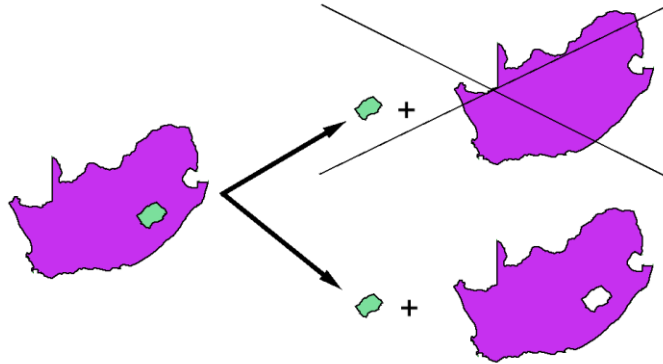


Figure 23: Examples of the Overlaps relationship
Polygon/LineString (a)
and LineString/LineString (b)

Ejemplos de relaciones espaciales topológicas.

Imágenes: <https://bit.ly/2x73G9H>

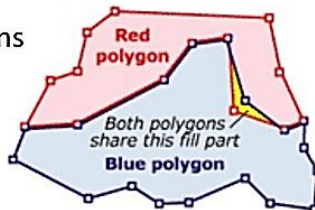
REGLAS TOPOLÓGICAS



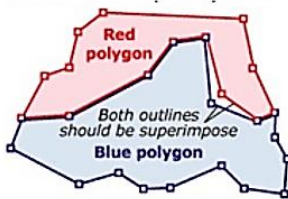
Los huecos de un polígono han de considerarse como parte de este.

Imagen: <https://bit.ly/2x2iyqF>

- Overlap: Sliver polygons



- Gaps



11/7/2013 12:07 PM

24

Errores topológicos característicos entre polígonos: Slivers (polígonos superpuestos) y Gaps (huecos).

Imagen: <https://bit.ly/2MzoBqR>

Errores topológicos y de digitalización en Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Fallas, 2010)

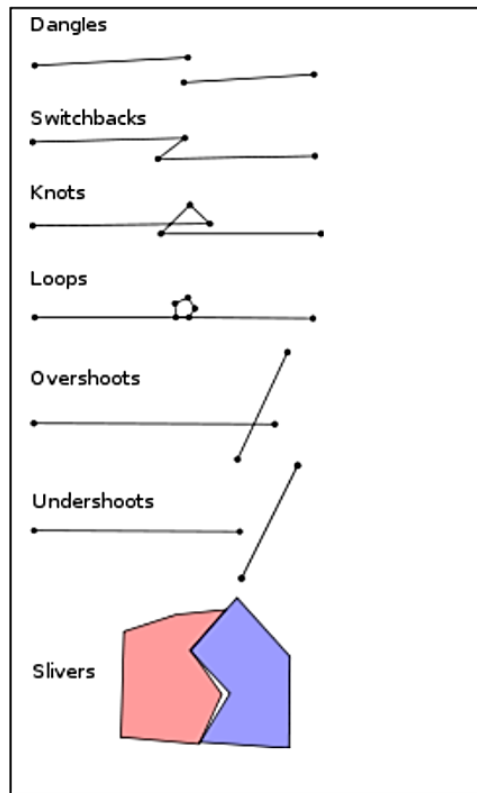
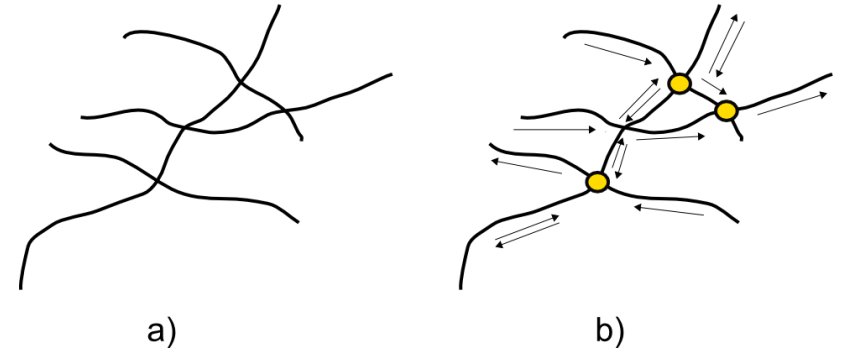


Imagen: <https://bit.ly/3wvQqdG>



Capa de vías de comunicación sin topología (a) o con ella (b). Los puntos en este segundo caso indican conexiones entre vías, y son una representación visible de la topología existente. Las flechas indican la dirección de circulación y, al igual que sucede con las conexiones, solo están presentes si existe topología.

Imagen: <https://bit.ly/2x2iyqF>

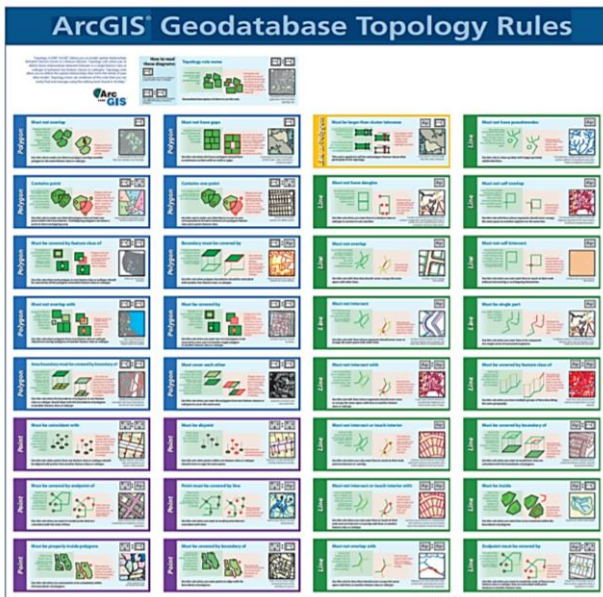


Arcos colgantes o extremos libres

Imagen: <https://bit.ly/2x2FhC4>

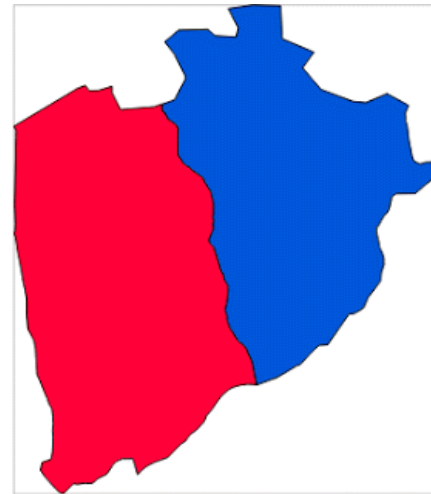
Reglas Topológicas y Corrección de Errores

Los elementos de la naturaleza se miden con el fin de clasificarlos y compararlos; lo que no siempre indica una magnitud numérica. En orden creciente de precisión, las escalas de medida de los datos son: (IGN, 2010)



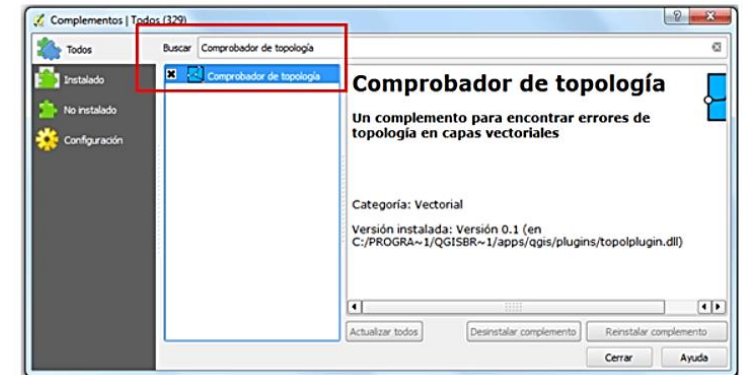
Poster de Reglas Topológicas de ArcGIS, 2010

Texto: <https://bit.ly/2CNNala>
Texto e indicaciones de reglas en español: <https://bit.ly/2x85Shm>



La Topología en GIS (QGIS) ForestryQGIS, 2018

Texto: <https://bit.ly/2Qmdl57>



Corrección de topología en QGIS Alonso, 2017

Texto: <https://bit.ly/2QInTS5>

FORMATOS DIGITALES

Existen infinidad de formatos digitales para almacenar información cartográfica, perteneciendo algunos al grupo raster y otros al vectorial. Seguidamente se enumeran algunos de los mas conocidos, incluyendo los usados para imágenes o dibujos ya que, aunque no son formatos creados para contener información cartográfica, si pueden contenerla y se usan muy habitualmente para contener tanto mapas raster como vectoriales. (Mancebo *et al.*, 2008)

Formatos de dibujo vectorial

- **DGN** (Design): formato nativo del CAD Microstation.
- **DWG** (Drawing): formato nativo de AutoCad.
- **DXF** (Drawing Interchange Format): formato CAD de intercambio.
- **DXN** (Data Exchange Navigator): formato CAD de intercambio.

Formatos de dibujo ráster

- **PNG** (Portable Network Graphics): formato estándar.
- **EMF** (Enhanced Metafile): formato nativo de Microsoft Windows.
- **EPS** (Encapsulated PostScript): formato diseñado para imprimir en impresoras PostScript.
- **GIF** (Graphics Interchange Format): formato estándar.
- **JPG** (Joint Photographers expert Group): formato estándar.
- **TIF** (Tagged Image Format): formato estándar.

FORMATOS DIGITALES

Formatos SIG vectoriales

- **.E00** (Interchange File): formato de intercambio de Arc/Info
- **.MID** (MapInfo Interchange Data): formato nativo de Mapinfo.
- **.MIF** (MapInfo Interchange Format): formato nativo de Mapinfo
- **.SHP** (Shapefile): formato nativo de ArcView y ArcGIS
- **Cobertura** (Cover): formato nativo de Arc/Info
- **Geodatabase** o **.MDB** (Microsoft DataBase): formato nativo de ArcGIS.

Formatos SIG ráster

- **ASCII Grid:** formato estándar
- **BIL** (Band Interleaved by Line): formato estándar
- **BIP** (Band Interleaved by Pixel): formato estándar
- **BSQ** (Band Sequential): formato estándar
- **Grid** (ESRI Grid): formato nativo de ArcView, ArcGIS y Arc/Info

Shapefile

✦ El formato *Shapefile* (SHP) de la compañía ESRI (www.esri.com) se ha convertido en un estándar de facto para el intercambio de geodatos vectoriales entre programas informáticos de SIG; por esta razón se describe a continuación su formato. Un *shapefile* almacena digitalmente la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos; sin embargo no posee topología. Un shapefile está conformado por al menos tres archivos con las siguientes extensiones: (Escobar , 1999)

- .shp** - Archivo que almacena las entidades geométricas (puntos, líneas o polígonos).
 - .shx** - Archivo que almacena el índice de las entidades geométricas.
 - .dbf** - Archivo en formato dBASE que almacena los atributos de los elementos geográficos.
- **project (.prj)**. No es indispensable, pero nos permite georreferenciar automáticamente los elementos geométricos contenidos en el archivo shape. En realidad consiste en un archivo de texto (podemos consultarlo con cualquier editor de texto). Sirven para almacenar información sobre el sistema de referencia empleado, la proyección que se ha aplicado a las coordenadas para representarlas sobre un plano (el monitor del ordenador), las unidades de medida lineales y angulares, etc...

Bibliografía

- Alonso, D. (2017, 8 junio). **Corrección de topología en QGIS**. Blog MappingGis. Disponible en < <https://bit.ly/2QlnTS5> >
- Alonso Sarría, F. (2006). **Sistemas de Información Geográfica**. Material de consulta sobre SIG y Teledetección. Universidad de Murcia. Disponible en < <https://bit.ly/2PQDhWc> >
En particular:
 - Alonso Sarría, F. (2006). **Capítulo 3. Modelos y estructuras de datos**. Pp. 53-70.
- Bernabé-Poveda, M.A. y López-Vázquez, C.M., (2012). **Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales**. Madrid: UPM-Press, Serie Científica. Disponible en < <https://bit.ly/2N3YiLn> >
En particular:
 - Hernández Faccio, J. y Flores de Cuellar, E. (2012). **Capítulo 4. Características de la información geográfica**. Pp. 69-82.
 - Barriga Vargas, R., Andrade, C. y Lazo, J. Ma. (2012). **Capítulo 6. El tratamiento de los datos geográficos**. Pp. 95-106.
 - Moya Honduvilla, J., Bernabé Poveda, M. A. y Escobar Martínez, F. (2012). **Capítulo 9. La representación de la información geográfica**. Pp. 132-143.
- Bosque Sendra, J. (1997). **Sistemas de información geográfica**. 2ª edición. Rialp, Madrid, 451 pp.

Bibliografía

- CIAF. Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica (2011). **Tema 1: Datos geográficos.** Unidad 2: Datos geográficos y métodos de almacenamiento. CURSO Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica. Bogotá, D. C. Disponible en < <https://bit.ly/2XDteHO> >
- CIAF (2011). **Tema 2: Modelos y Estructuras de Datos.** Unidad 2: Datos geográficos y métodos de almacenamiento. CURSO Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica. Bogotá, D. C. Disponible en < <https://bit.ly/31iKUuc> >
- Escobar, F., Hunter, G., Bishop, I. y Zerger, A. (1999). **Introducción a los SIG.** Herramienta online de autoaprendizaje. Departamento de Geomática, Universidad de Melbourne, Australia. Disponible en < <https://bit.ly/2Mllof7> >
En particular: Capítulos SIG Raster y SIG Vectoriales.
- Fallas, J. (2010). **Geoprocesamiento. Análisis de geodatos.** Métodos de levantamiento y análisis de datos. Posgrado en Gestión de Áreas Protegidas y Desarrollo Ecorregional. UCI - Universidad para la Cooperación Internacional, Costa Rica. Disponible en < <https://bit.ly/3wvQqdG> >
- ForestryQGIS (2018, 10 marzo). **La Topología en los GIS.** (Implementación a través de QGIS). Blog ForestryQGIS. Disponible en < <https://bit.ly/2Qmdl57> >
- Instituto Geográfico Nacional de España (2010). **Conceptos Cartográficos.** Manual. IGN & UPM-LatinGEO. Disponible en < <https://bit.ly/2ioJDQp> >

Bibliografía

- Longley , Paul A.; Goodchild , Michael F.; Maguire , David J.; Rhind , David W . (2015). **Geographical Information Systems and Science**. Editora: John Wiley & Sons Ltd. 4ta . edición (inglés). Disponible en < <https://bit.ly/2VSgEVi> >
Longley , Paul A.; Goodchild , Michael F.; Maguire , David J.; Rhind , David W . (2013). **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**. Editora: Bookman. 3ra . edición portugués). Disponible en < <https://bit.ly/2Buwwa0> >
Longley , Paul A.; Goodchild , Michael F.; Maguire , David J.; Rhind , David W . (2005). **Geographical Information Systems and Science**. Editora: John Wiley & Sons Ltd . 2da . edición (inglés). Disponible en < <https://bit.ly/3cELbwC> >
En particular:
 - Longley et al. (2013). **Capítulo 8. Modelagem de Dados Geográficos**. En particular: Cap. 8.3. Modelos de dados SIG. Pp. 209-224.
- López, N. (2017). **Capítulo 3.2. Representación y formatos de la información geográfica**. En: Caracterización dasimétrica para Uruguay auxiliada por el Mapa de Uso y Cobertura del Suelo. Tesis de grado de Licenciatura en Geografía, Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Disponible en < <https://bit.ly/2MjA7rc> >
- Mancebo, S., Ortega, E., Valentín, A. C., Martín, B. y Martín, L. (2008). **LibroSIG: aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental**. Madrid, España, los autores. Disponible en < <https://bit.ly/3MMRfpC> >

Bibliografía

- Olaya, V. (2020). **Sistemas de Información Geográfica. Libro Libre SIG**. Versión revisada el 8 de julio de 2020. 642 pp. (La versión anterior es de 2014). Disponible en < <https://bit.ly/2BxpLUk> > o < <https://bit.ly/3FCix00> >
En particular:
 - Olaya, V. (2020). **Parte 2. Datos. Modelos para la información geográfica** .
 - Olaya, V. (2020). **Parte 2. Datos. Fuentes principales de datos espaciales: Formatos de Archivos** .
- Peña Llopis, J. (2010). **Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio**. Editorial Club Universitario, 4ta. Ed. 304 pp. Disponible en < <https://bit.ly/2HoXoZy> >
- Sitjar I Suñer, J. (2009). **Los Sistemas de Información Geográfica al servicio de la sociedad**. Cuadernos Internacionales de Tecnología para el Desarrollo Humano, n.º 8. 9 pp. Disponible en < <https://bit.ly/2PrXxgB> >

Todos los links web visitados en Junio de 2023.



Gracias !

**SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
Edición 2023**

**Diploma en Estudios Urbanos
e Intervenciones Territoriales**

Facultad de Ciencias Sociales