



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
DE CARTAGENA**

**ESCUELA UNIVERSITARIA DE
INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS, Y DE
INGENIERÍA DE MINAS**

GRADUADO EN INGENIERÍA CIVIL

Trabajo Fin de Grado

SIG del agua de la CARM

JUAN MANUEL GARCÍA GUERRERO

Dirigido por:

D. MANUEL ALCARAZ APARICIO

Ingeniero de Minas

Cartagena, septiembre de 2012.



ÍNDICE

1. OBJETIVO DEL PROYECTO.....	4
2. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA....	6
2.1 Definición y aspectos generales.....	6
2.2 Historia de los Sistemas de Información Geográfica.....	7
2.3 Componentes de un Sistema de Información Geográfica.....	10
2.4 Información que se maneja en un SIG.....	14
2.5 Tipos de información gráfica.....	15
2.6 Georreferenciación de la información.....	18
2.6.1 Definición.....	18
2.6.2 Sistemas de coordenadas.....	18
2.7 Relaciones entre objetos: Topología.....	21
2.8 Captura de datos.....	23
2.9 Análisis de la información.....	26
2.10 Limitaciones de los Sistemas de Información Geográfica.....	29
2.11 Descripción del software utilizado para el proyecto.....	29
2.12 Ordenación de la información: La Geodatabase.....	33
3. CREACIÓN DE AGUACARM.....	36
3.1 Obtención de la información.....	36
3.1.1 Capas que se han obtenido de organismos y no han sufrido modificación.....	36
3.1.2. Capas que se han obtenido de organismos y han sufrido modificación.....	37
3.1.3 Capas de elaboración propia.....	39
3.2 Información adjunta: hipervínculos.....	41
3.2.1 Archivos pdf asociados a las capas.....	41
3.2.2 Capas con información asociada a través de la Web.....	42
3.3 Presentación de la información.....	42
3.3.1 Formatos usados para el SIG.....	42
3.3.2 Presentación de la información.....	43
3.4 Ordenación de AGUACARM.....	44



4. EJEMPLOS DE ANÁLISIS CON AGUACARM.....	51
4.1 Determinación de acuíferos que pueden presentar contaminación por nitratos	51
4.2 Determinación de la ruta más corta para el transporte de agua embotellada a zonas turísticas como playas.....	53
4.3 Cálculo aproximado del deslinde de un cauce.....	55
4.4 Sondeos susceptibles de captar agua contaminada	58
4.5 Determinación de vías a cortar como consecuencia de avenidas.....	59
4.6 Afección de infraestructuras hidráulicas a espacios protegidos.....	61
4.7 Elaboración de mapas de precipitación	63
4.8. Determinación de tramos de cauces susceptibles de recibir vertidos. ...	66
4.9 Determinación de playas con riesgo de verse afectadas por inundaciones.	67
4.10 Cálculo de la ruta óptima para el transporte de accidentados desde playas a hospitales.....	70
5. FUTURO DEL PROYECTO	73
6. RESUMEN Y CONCLUSIONES	75
7. BIBLIOGRAFÍA	77
8. ANEXO. FICHAS DE LAS CAPAS DE INFORMACIÓN	79



1. OBJETIVO DEL PROYECTO

Este proyecto tiene como principal objetivo, dar a conocer los sistemas de información geográfica, definiendo estos, y ejemplificando su uso mediante la creación de un pequeño sistema de información geográfica, denominado AGUACARM acrónimo de Agua de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

El sistema de información geográfica, tiene dos funciones, por un lado la gestión de la información territorial acerca del agua de la Región de Murcia, y por otro lado el análisis de esta información, con la finalidad de generar nueva información referente al agua que ayude en la toma de decisiones, de problemas que se pueden presentar referentes al agua.

En el proyecto, antes de explicar cómo se ha creado AGUACARM, se da una explicación de los fundamentos de los sistemas de información geográfica, como la historia, los formatos de información, la captura de datos, las limitaciones de los SIG, etc., con el fin de comprender la creación y el funcionamiento del SIG AGUACARM.

AGUACARM pretende gestionar información georreferenciada referente al agua de la Región de Murcia, información que en un futuro pueda servir también para la elaboración de otros proyectos relacionados con el agua.

Además de servir para gestionar información georreferenciada, AGUACARM permite también dar respuesta a problemas relacionados con el agua, como por ejemplo, el deslinde de cauces, la generación de mapas de precipitación, etc., para lo cual se crearán diez ejemplos de análisis de la información relacionados con problemas del agua como los antes mencionados.



Hay que mencionar, que en un futuro el sistema de información geográfica AGUCARM pretende ser implementado en la web , con el fin de poder visualizar y descargar online la información creada en este proyecto.

Con este proyecto, se puede apreciar también, la gran utilidad que presentan los sistemas de información geográfica desde el punto de vista del agua, aunque esto es extrapolable a otros campos como la agricultura, las telecomunicaciones, el transporte, etc.

En cuanto a los objetivos personales, se encuentra la familiarización y el manejo de los sistemas de información geográfica, así como el aprendizaje de un software específico como es ArcGis. Además de estos objetivos, propios del proyecto, se pretende también mejorar la capacidad de organización y de redacción de la información, así como la gestión del tiempo y del trabajo.



2. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

2.1 Definición y aspectos generales

Un sistema de información geográfica (SIG o GIS, Geographic Information System, en sus siglas en inglés), es una integración organizada de hardware, software y procedimientos sistemáticos manejados por un grupo de especialistas para obtener, procesar, analizar y modelar información espacialmente georreferenciada (mapas), con el objetivo de resolver problemas de modelización, planificación y gestión.

Un SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos), que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital, de esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos, e inversamente, preguntando por un objeto de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

Una de las razones fundamentales para utilizar un SIG, es la capacidad de gestión de la información espacial, que permite separar la información en diferentes capas temáticas, y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, facilitando la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra información nueva, que no podría obtenerse de otra forma.

Los SIG, han llegado a convertirse en una herramienta fundamental para poder manipular con eficacia la información geográfica, ya que aumenta su accesibilidad, su exactitud, y en general, garantizan la eficacia de los resultados de las decisiones a tomar, pues el objetivo último de los Sistemas de Información Geográfica, es ayudar en el proceso de toma de decisiones.



2.2 Historia de los Sistemas de Información Geográfica

Hace miles de años, los hombres de Cro-Magnon pintaban en las paredes de las cuevas los animales que cazaban, adjuntando a estos dibujos líneas que representaban las rutas migratorias de los animales cazados. Se podría decir que este es uno de los primeros precedentes de los sistemas de información geográfica, pues asocia a un objeto (la imagen del animal), una información (las rutas migratorias).

Las grandes civilizaciones, han necesitado de una gran organización de la información espacial. Así, los griegos tenían un gran conocimiento matemático, lo que hizo que realizaran grandes descubrimientos geométricos como el teorema de Pitágoras, muy útil en cartografía para medir distancias. Los fenicios, eran grandes exploradores y navegantes, lo que les llevo a realizar una cartografía que permitió su expansión. Por último, los romanos copiaron a los griegos, y basaron su imperio en una gran logística de la infraestructura, lo que les llevo a alcanzar un elevado grado de expansión.

Ya en el siglo XIX, el Dr. John Snow realizó un ejemplo que se aproxima bastante a los SIG de la actualidad, pues cartografió los casos de cólera de



Londres, permitiendo localizar un pozo de agua causante de la epidemia. Este ejemplo, además de la función de gestión propia de los SIG, muestra por primera vez la capacidad de análisis, pues a través de un plano de la ciudad con los pozos de agua y los focos de cólera, se pudo localizar el pozo que causó el brote de cólera.

Los anteriores ejemplos, aunque no son sistemas de información geográfica en el amplio sentido de su definición, constituyeron las bases de lo que en la actualidad son los sistemas de información geográfica.

En el año 1962, en Canadá, se diseñó el primer sistema de información geográfica del mundo que encarnaba la definición de SIG, tal y como se conocen hoy en día. Este SIG, creado en Ottawa (Canadá) a cargo del departamento federal de silvicultura y desarrollo rural, fue utilizado para almacenar, analizar y manipular datos recogidos para el inventario de tierras de Canadá, donde se exponían datos como usos del suelo, agricultura, espacios de recreo, vida silvestre, aves acuáticas y silvicultura. Permitía realizar mediciones, digitalizaciones y escaneos de datos, y presentaba un sistema de coordenadas que abarcaba todo el continente, convirtiéndose en una gran base de datos que estuvo operativa hasta la década de los 90.

Durante los años 60 y 70, se empezó a utilizar los ordenadores para la automatización de procesos. La mayoría de programas estuvieron dirigidos a la automatización del trabajo cartográfico, y solo algunos pocos investigaron nuevos métodos para el manejo de la información espacial, siguiéndose dos tendencias:

- Producción automática de dibujos con un alto nivel de calidad.
- Producción de información basada en el análisis espacial, pero con una baja calidad gráfica.

La producción automática de dibujo se basó en la tecnología de diseño asistido por computador (CAD). El CAD se utilizó en la cartografía para aumentar la productividad en la generación y actualización de mapas. El desarrollo de la tecnología CAD se aplicó para la manipulación de mapas y dibujos, y para la optimización del manejo de información cartográfica.



Es también en la década de los 60, cuando se crea en la universidad de Harvard el Laboratorio de Computación Gráfica y Análisis Espacial, donde se desarrollaron importantes conceptos teóricos en el manejo de datos espaciales, difundiendo en los años 70 sistemas germinales como SYMAP, GRID, y ODYSSEY, que servirían como inspiración para desarrollos comerciales posteriores.

En los años ochenta se produce la expansión del uso de los SIG, motivado por la comercialización de herramientas de dibujo y diseño asistido por ordenador (CAD), así como la generalización del uso de ordenadores, y la aparición y consolidación de las Bases de Datos relacionales, junto a las primeras relaciones espaciales o de topología.

Aparecen en los 80 también, los primeros proveedores de software SIG, como M&S Computing, Environmental Systems Research (ESRI), y Computer Aided Resource Information System (CARIS), que logran incorporar muchas características del SIG canadiense, siendo esta una época donde se reducen las iniciativas individuales, y predominan los intereses a nivel corporativo. En paralelo, se desarrollan en los EEUU las primeras aplicaciones de dominio público como MOSS, WELUT y GRASS.

Pronto los SIG se comienzan a utilizar en cualquier disciplina que necesite la combinación de planos cartográficos y bases de datos como: Ingeniería Civil, estudios medioambientales, estudios socioeconómicos y demográficos, Ordenación del territorio, Prospección y explotación de minas, etc.

Los años noventa se caracterizan por el gran conocimiento en el uso de los SIG en los ámbitos tradicionales, y por su expansión a nuevos campos, propiciada por la gran difusión de ordenadores de gran potencia y muy asequibles, la enorme expansión de las comunicaciones (en especial de Internet), la fuerte tendencia a la unificación de formatos para el intercambio de datos geográficos, y la aparición de una oferta proveedora (Open Gis) que suministra datos a un enorme mercado de usuario final.

A finales del siglo XX, y principios del XXI, se empiezan a enviar satélites a distintas órbitas, gracias a los cuales hoy en día se puede trabajar con una gran



cantidad de imágenes de la superficie terrestre con una resolución que oscila entre 10 metros y 50 centímetros.

En la actualidad, el rápido crecimiento de los diferentes sistemas se ha consolidado, restringiéndose a un número reducido de plataformas. También se está empezando a introducir una nueva tendencia, que es la visualización de datos SIG a través de internet.

2.3 Componentes de un Sistema de Información Geográfica

Se han definido los SIG como un conjunto de recursos humanos, información, procedimientos y medios auxiliares, entendiendo por estos últimos el conjunto de herramientas que incrementan la funcionalidad del sistema.



A continuación se tratarán cada uno de estos componentes:

- Recursos humanos:

El personal que trabaja con los SIG constituye una pieza clave en su funcionamiento. Un sistema de información geográfica no sería tal si no



estuviese compuesto como mínimo de dos elementos: los recursos humanos y la información. Cuando se habla de recursos humanos, se hace alusión a las personas que conciben, diseñan, implantan, gestionan y utilizan el sistema. Pero como para la aplicación de cualquier otra ciencia tecnológica, el personal debe tener una formación específica que les permita implantar y gestionar el sistema conforme a los objetivos marcados. Esta formación debe orientarse a obtener los conocimientos mínimos que permitan un razonamiento ordenado y sistemático, con un enfoque prioritario hacia la consecución de los objetivos finales marcados.

Un SIG no puede operar en el vacío, sin la integración de datos de todo tipo de información según el objetivo a alcanzar, ni tampoco puede autodesarrollarse, es por eso, que se deben poseer suficientes conocimientos sobre todos los procedimientos operativos, y las ciencias y tecnologías complementarias que pueden ser empleados dentro del sistema

La complejidad creciente de estos sistemas hace necesaria la intervención de personal altamente especializado en la realización de cada una de las funciones que permiten los SIG, por lo que resultaría muy conveniente la formación de equipos multidisciplinares que permitan con su formación básica abordar y resolver todas las cuestiones que pudieren plantearse desde la concepción del sistema hasta la obtención de los productos finales de información.

- Información:

Este segundo componente es lo que caracteriza a los sistemas de información geográfica. La información se encuentra almacenada en bases de datos, organizada y controlada por los subsistemas propios del software. El objetivo de la base de datos geográfica es representar digitalmente la realidad, lo que es posible de forma parcial y limitada. La realidad debe ser discretizada, modelizada. La elección del modelo y de sus principales características se conformará en base a cumplir los objetivos fijados para el sistema.

La información geográfica se puede discriminar en tres sectores que son los más representativos:



- La representación de los elementos cartográficos, basados en un conjunto limitado de formas geométricas (puntos, líneas y polígonos), localizadas en el espacio bajo un sistema de coordenadas.
- La naturaleza compuesta de los datos geográficos, por ejemplo, un canal se descompone en un elemento cartográfico línea y en un atributo de texto como el nombre del mismo.
- La existencia de dos modelos de realidad geográfica, los modelos ráster y los modelos vectoriales. El modelo ráster utiliza el píxel como forma de representación a través de valores numéricos. El modelo vectorial, en cambio, utiliza las tres primitivas gráficas (punto, línea, polígono) para representar los elementos.

- Procedimientos:

Se denomina procedimiento a la serie de métodos utilizados, generalmente divididos en distintas fases de ejecución, para llevar a cabo acciones encaminadas a la consecución de un determinado objetivo. A partir de los procedimientos se desarrollan normativas que permitan realizar los procesos siempre de la misma forma. El desarrollo de procedimientos no sólo se aplica a los SIG, sino en todas las áreas del conocimiento, desde los procedimientos para resolver un problema matemático, pasando por la escritura del código fuente de un programa o la aplicación de normas de calidad en procesos de fabricación. Algunos ejemplos de aplicación de los procedimientos en los SIG pueden ser los siguientes:

- Recolección de información
- Clasificación de información
- Depuración de los datos obtenidos
- Creación de Bases de Datos
- Vinculación de los datos a objetos gráficos
- Creación de consultas de gestión y planificación



- Interpretación de resultados
- Generación de informes

- Medios auxiliares:

El cuarto y último componente de los SIG son los medios auxiliares. Bajo este título se encuentran los elementos o componentes tecnológicos que permiten realizar las operaciones necesarias de forma rápida y eficiente, incrementando de forma considerable la funcionalidad del sistema. Entre ellos se encuentran:

- Ordenadores y periféricos: Representan el conjunto de componentes materiales utilizados en un sistema informático. Los componentes informáticos que se utiliza en los SIG no son muy distintos a los utilizados en otras aplicaciones.

- Software: Se denomina así al soporte lógico que organiza, dirige y da consistencia al sistema. Los programas SIG son parte del soporte total del sistema, ya que por ejemplo, sin un sistema operativo no se podría hacer uso del software del SIG. En particular, los programas SIG deben poseer varias funciones, que se pueden dividir en cinco categorías: entrada, gestión, manipulación, análisis y presentación. Cada categoría permite realizar acciones específicas dentro de las diferentes fases de desarrollo de un SIG.

- Teledetección: es la técnica por la cual se recoge información a distancia (imágenes) de la superficie terrestre, en definitiva, información geográfica. En general, la teledetección englobaría cualquier medio por el cual se obtiene información a distancia. Lo realmente importante para el usuario de los SIG, es el hecho de que la teledetección brinda un gran volumen de datos geográficos que pueden ser introducidos de forma automática en el sistema.

-Sensores Terrestres: Los sensores terrestres se diferencian de la teledetección, en que la recolección de datos no se hace a través de un satélite, sino a través de elementos electrónicos, eléctricos o mecánicos, que son capaces de detectar información para transferirlos a una base de datos a fin de integrarlos en un SIG. Se pueden nombrar dentro de ellos los sistemas



de recolección mediante instrumentos digitales o analógicos, sensores de movimiento, sensores infrarrojos, contadores mecánicos, etc.

-Sistemas de posicionamiento global (GPS): Los Sistemas de Posicionamiento Global, en inglés GPS, son sistemas de posicionamiento de precisión sobre la superficie terrestre, basados en el uso de constelaciones o grupos de satélites artificiales orbitando alrededor del planeta Tierra. Los sistemas GPS son sistemas muy precisos, relativamente económicos, rápidos, y fiables, que proporcionan datos de posición terrestre correctos desde el punto de vista geodésico.

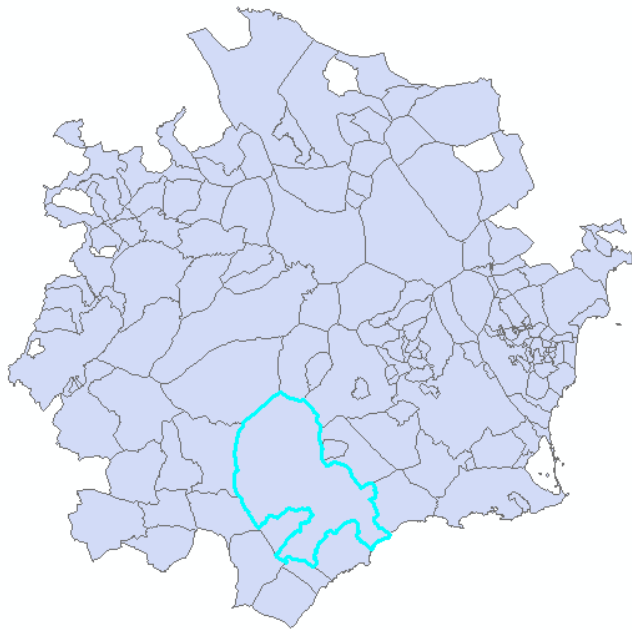
2.4 Información que se maneja en un SIG

Se dice que un objeto en un SIG es cualquier elemento relativo a la superficie terrestre que tiene tamaño, es decir, que presenta una dimensión física (alto - ancho - largo) y una localización espacial o una posición medible en el espacio relativo a la superficie terrestre.

A todo objeto se asocian unos atributos que pueden ser:

- **Gráficos:** Son las representaciones de los objetos geográficos asociados con ubicaciones específicas en el mundo real. La representación de los objetos se hace por medio de puntos, líneas o áreas.
- **Alfanuméricos:** Corresponden a las descripciones, cualificaciones o características que nombran y determinan los objetos o elementos geográficos

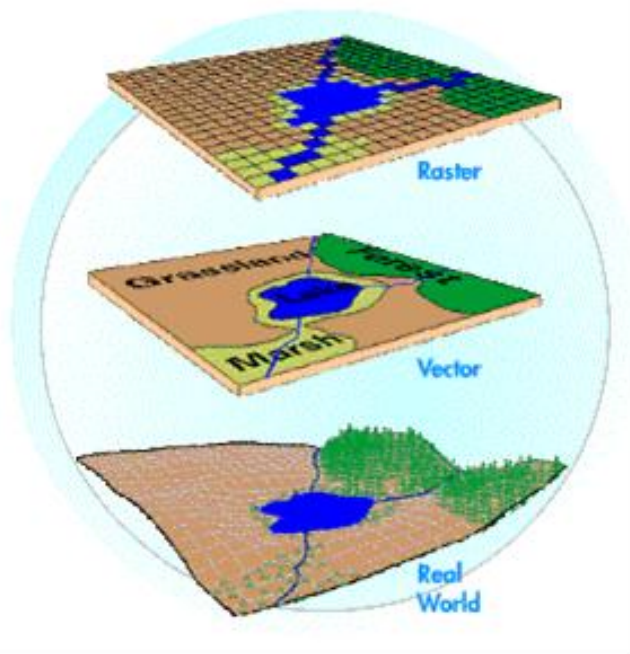
A continuación se puede observar una imagen con información gráfica (el polígono seleccionado) e información alfanumérica (el nombre seleccionado de la tabla).



OBJECTID*	Nombre
70	Jacarilla
71	Jumilla
72	Letur
73	Librilla
74	Liétor
75	Lorca
76	Lorquí
77	María
78	Mazarrón
79	Molina de Segura
80	Molinos
81	Monóvar/Monóver
82	Montelegre del Castillo
83	Montesinos (Los)
84	Moratala
85	Mula
86	Murcia
87	Nerpio
88	Ojós

2.5 Tipos de información gráfica

La información gráfica con la cual se trabaja en los SIG puede encontrarse en dos tipos de formatos, Ráster y Vectorial. A continuación se puede ver una imagen que explica de manera ilustrativa la transformación de la realidad en ambos tipos de formatos.



**- Vectorial:**

En el modelo vectorial se establecen una serie de criterios que conducen a elegir una entidad gráfica, que puede ser punto, línea, o polígono, para representar cada uno de los objetos reales a tratar.

Las entidades punto representan objetos reales cuyas dimensiones no sean significativas en el estudio.

Las entidades líneas se usan para representar objetos reales en los que una dimensión sea claramente predominante sobre las demás.

Las entidades polígonos se usan cuando sea representativa la superficie del objeto real a modelizar.

- Ráster:

En el modelo ráster sólo existe un tipo de entidad gráfica, la celda, que se define con unas dimensiones determinadas, en función de las cuales tendremos mayor o menor nivel de detalle sobre la realidad a representar.

Los objetos reales no están representados por una única entidad del sistema, sino por un grupo de entidades que adquieren el mismo valor para el atributo que interesa.

En el modelo ráster, la base de datos temática o de atributos está íntimamente ligada a la espacial, siendo necesario definir el atributo o característica que se está valorando para que queden definidas las entidades que representan objetos reales.

El hecho de utilizar uno u otro tipo de información gráfica, dependerá de los que se quiera estudiar, para lo cual, a continuación se expone una tabla donde se puede observar las ventajas e inconvenientes entre ambos formatos de información:



VECTORIAL	RÁSTER
<p>VENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estructura de datos compacta, lo que genera ficheros menos voluminosos - Topología mejor definida, lo que propicia una mayor capacidad de análisis - Es el formato más adecuado para la representación de datos bien definidos, como ríos, carreteras, etc. 	<p>VENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estructura de datos sencilla - Operaciones de análisis sencillas y potentes - Mejor representación de la variabilidad espacial y de los elementos poco definidos (tipos de suelos, MDT, etc.) - Gran capacidad para el tratamiento de imágenes digitales

VECTORIAL	RÁSTER
<p>INCONVENIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estructura de datos más compleja - Mayor dificultad de proceso en operaciones de superposición - Insuficiente representación en caso de alta variabilidad espacial - Gran dificultad en el tratamiento de imágenes digitales 	<p>INCONVENIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estructura de datos menos compacta, lo que genera grandes ficheros de datos - Peor representación gráfica de resultados - Las relaciones topológicas son más difíciles de representar - Limitaciones de resolución como consecuencia de su relación con el volumen de almacenamiento - Facilidad en el tratamiento de imágenes



2.6 Georreferenciación de la información

2.6.1 Definición

La georreferenciación de los datos geográficos es un proceso que permite determinar la posición de una entidad en la superficie terrestre, de forma directa o indirecta.

La georreferenciación directa usa un sistema de proyección y un sistema de coordenadas que representan el geoide terrestre (tridimensional), para transformarlo en un plano cartográfico (bidimensional). Esta georreferenciación es continua, ya que son posibles todos los valores decimales, aunque se puede discretizar en función de la capacidad de almacenamiento del sistema.

El modelo ráster es un caso claro de georreferenciación directa, basado en coordenadas, que en la práctica se convierte en una georreferenciación discreta, ya que el pixel representa un cuadrilátero de dimensiones fijas discretas, que actúan como unidad de medida lineal y superficial indivisible.

La georreferenciación discreta es más simple, por lo que tiene una mayor aceptación, ya que permite la integración directa de bases de datos temáticos.

Existen diversos tipos de georreferenciación discreta, pero la más usada es la que utiliza la dirección postal y los distritos postales, ya que permiten con una base gráfica digital diseñada adecuadamente, y una base de datos que contenga los nombres y la numeración de las calles, georreferenciar en poco tiempo las enormes bases de datos alfanuméricas de organizaciones como bancos, seguros o empresas de servicios, en base a la dirección postal de sus clientes.

2.6.2 Sistemas de coordenadas

A la hora de representar un punto de manera tridimensional, dos son los sistemas usados, por un lado el sistema de coordenadas geográficas, y por otro lado el sistema de coordenadas cartesianas.



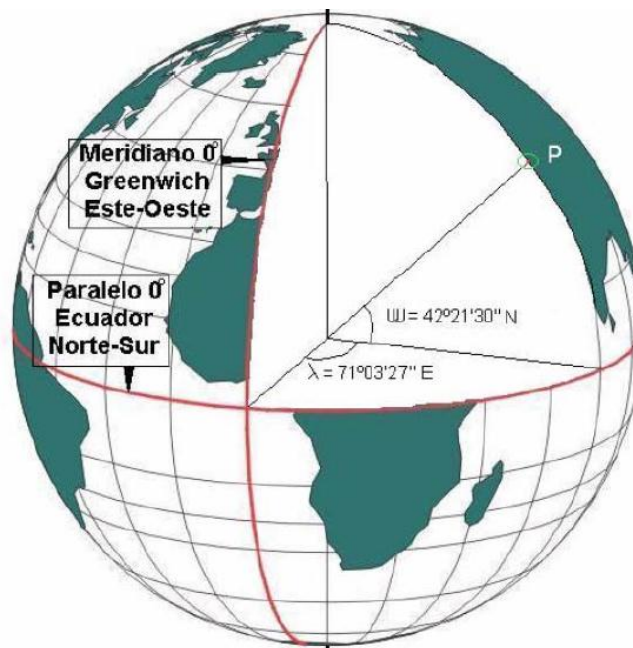
- Sistema de coordenadas geográficas:

El sistema de coordenadas geográficas describe la situación de un punto sobre el globo terráqueo como la intersección entre un paralelo y un meridiano.

Se denomina longitud geográfica, al valor del arco de ecuador comprendido entre un meridiano tomado como referencia, y el que pasa por el punto o meridiano del lugar. Las longitudes se toman positivas al este, y negativas al oeste.

La latitud geográfica es el valor del arco de meridiano comprendido entre el ecuador y el paralelo que pasa por el punto. La latitud puede ser norte o sur, según el paralelo se encuentre situado al norte o al sur del ecuador.

A continuación se puede observar la representación de un punto sobre el globo terráqueo en coordenadas geográficas.



- Sistema de coordenadas cartesianas:

Los sistemas de coordenadas cartesianas representan sobre una superficie un punto. Las coordenadas de ese punto son las distancias que separan al punto de los ejes de coordenadas.

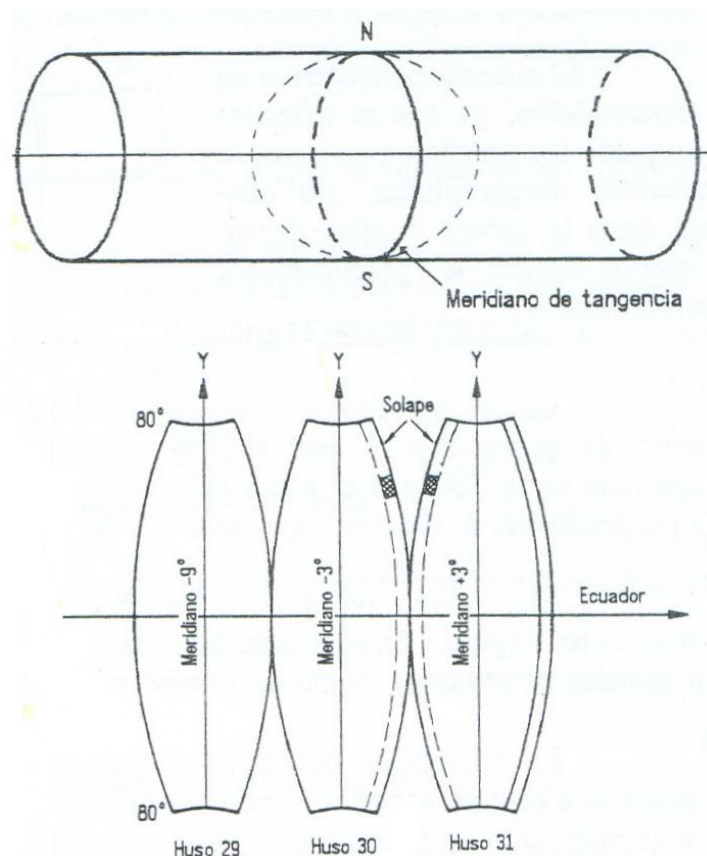


Debido a que la tierra no es plana, si no esférica, hace falta realizar una transformación para poder utilizar un sistema cartesiano. Son numerosas los tipos de transformaciones que existen, siendo denominadas proyecciones.

Las principales proyecciones se basan en transformar la superficie de la tierra en una superficie plana para lo que se utilizan aproximaciones como cilindros, conos etc. Ninguna de las proyecciones es exacta, ya que todas introducen algún tipo de error o deformación. El uso de una u otra proyección dependerá de la finalidad del trabajo.

La proyección más usada es la proyección UTM (Universal Transversa Mercator). Se trata de una proyección cilíndrica sobre un cilindro tangente al globo terráqueo. Es una proyección muy usada porque es universal, es decir, se puede utilizar a nivel mundial. Esta proyección divide la tierra en 60 husos (es decir, 60 tangencias del cilindro a la tierra), situándose España, entre los husos 29, 30, y 31.

A continuación se puede observar una imagen que esquematiza la proyección UTM.





2.7 Relaciones entre objetos: Topología

Los objetos mantienen ciertas relaciones entre sí basadas en el espacio. Las relaciones son numerosas (conectividad, contigüidad, proximidad, etc.), por lo que todas ellas no son almacenadas en un Sistema de Información Geográfica. Algunas están directamente expresadas en un SIG, otras son calculadas cuando son necesarias, y otras directamente no están expresadas.

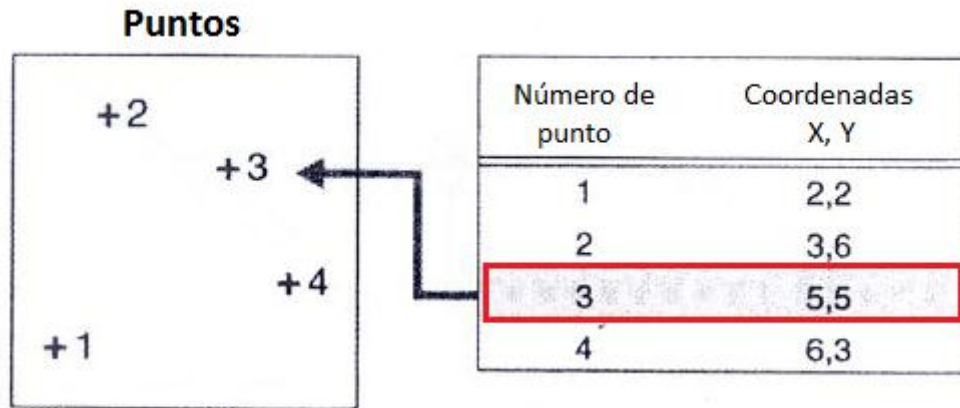
Por ejemplo, algunos SIG almacenan la relación topológica de contigüidad entre dos polígonos, pero en cambio la relación de proximidad entre los objetos puede ser calculada en el momento requerido a través de la geometría.

Hay que establecer una diferencia entre las relaciones topológicas (de tipo cualitativo) y relaciones geométricas (calculadas con las coordenadas de los objetos). Cuando se cambia la proyección de un plano, las relaciones geométricas entre objetos se modifican (por ejemplo, las distancias medidas sobre el plano), pero las relaciones topológicas se mantienen (por ejemplo, la contigüidad).

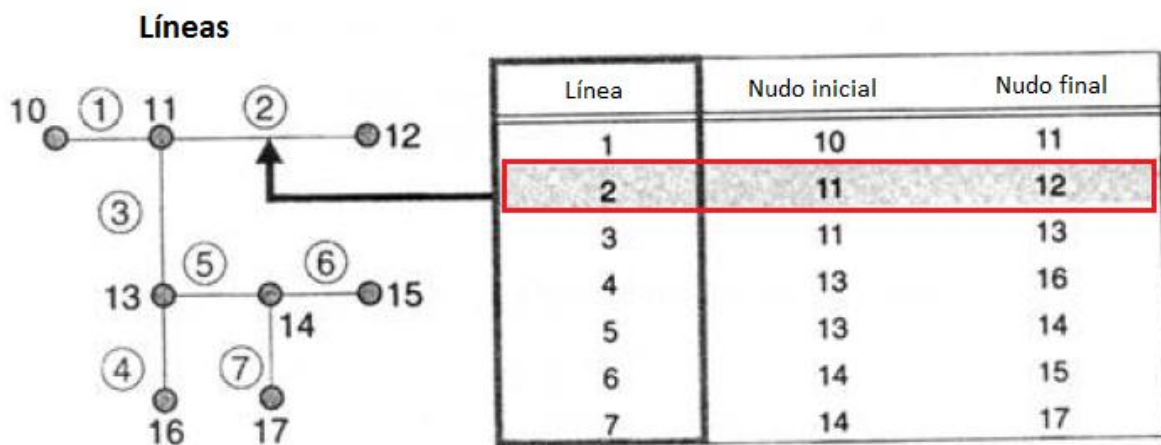
Un ejemplo para diferenciar entre las relaciones topológicas y geométricas, sería una red esquemática de tuberías de agua de una estación potabilizadora, donde las relaciones geométricas no se respetan, pues no se mantienen las medidas y la forma de las tuberías por el simple hecho de simplificar el dibujo, pero las relaciones topológicas (la conectividad de los distintos tramos de tubería y su sentido) sí se mantienen.

La topología expresa las relaciones entre objetos de forma cualitativa, así para cada tipo de ente podemos distinguir una topología distinta:

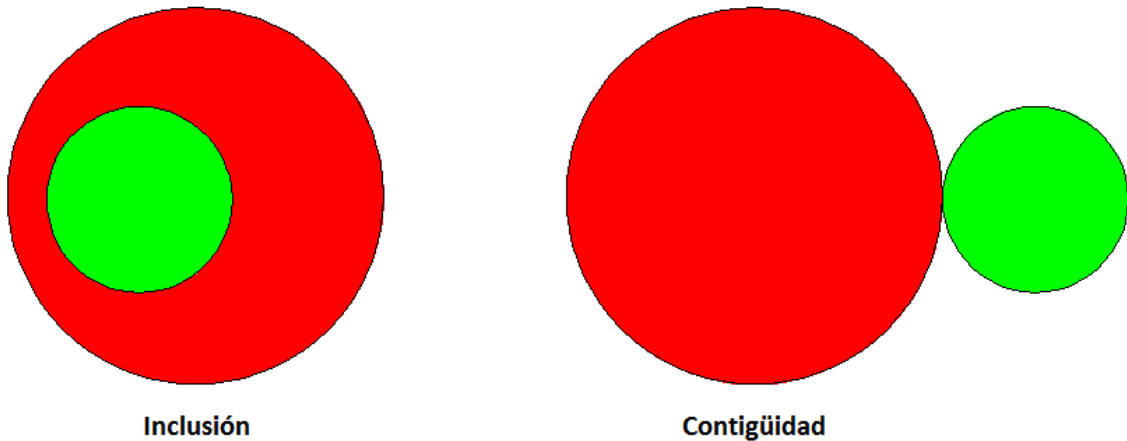
- Punto: En este caso no existe topología alguna, solo hay una georreferenciación de ese punto y la información alfanumérica asociada a él.



- Polilíneas: En este objeto, además de la georreferenciación y la información alfanumérica asociada, aparecen por primera vez las relaciones entre objetos (conectividad y sentido), tal y como se muestra en la siguiente imagen:



- Polígonos: En este tipo de objeto, al igual que en las polilíneas, hay georreferenciación e información alfanumérica, y también relaciones topológicas (inclusión y contigüidad), que se pueden observar en la siguiente imagen:



La topología es relevante no sólo cuando se trabaja con un SIG, sino también en el comportamiento humano en el mundo real, ya que por ejemplo, a la hora de realizar un desplazamiento el ser humano no se guía por coordenadas geográficas, sino por relaciones topológicas como “al lado de”, “a la derecha de”.

Existen relaciones espaciales entre objetos del mismo tipo (vistas anteriormente), y entre objetos de distinto tipo. Un ejemplo de topología entre distinto objetos sería un conjunto de polígonos que representan poblaciones y un conjunto de puntos que representan estaciones de tren. Observando esta representación se puede observar que estaciones de tren darán servicio a cada población.

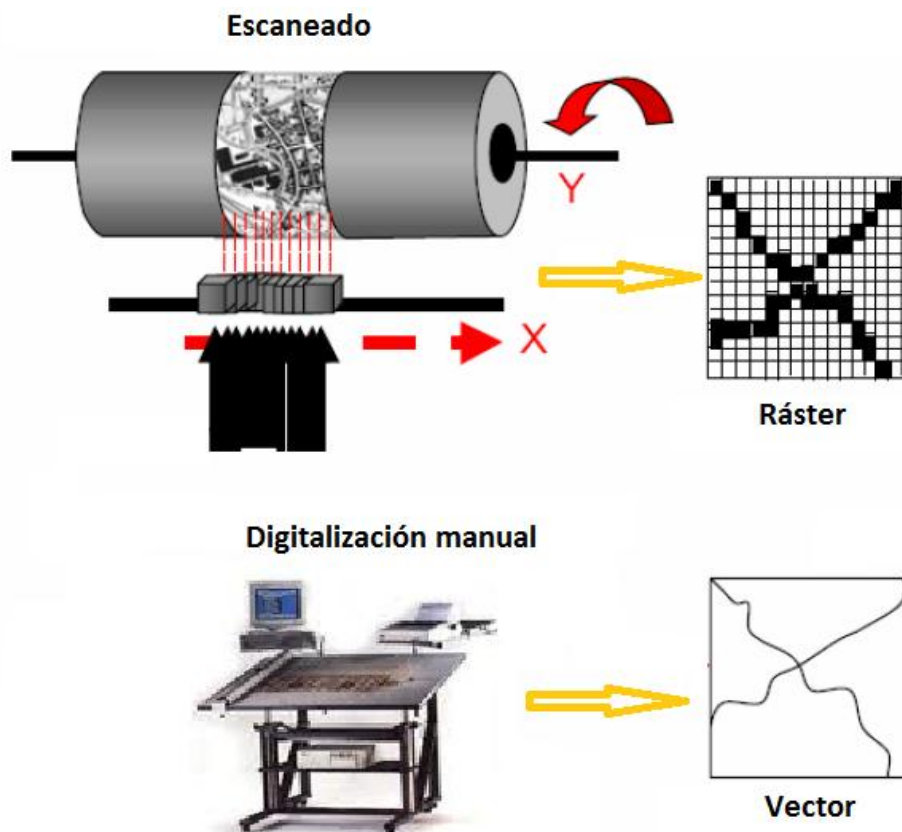
2.8 Captura de datos

La captura de datos y su introducción al sistema, es uno de los procesos que mayor tiempo requiere por parte de los profesionales encargados de los SIG. Hay diferentes formas de captar datos con los que poder trabajar, debiendo distinguir entre datos analógicos y datos digitales.

Dentro de los datos analógicos, se encuentran los mapas impresos, cuya información puede ser capturada mediante un escaneado o una digitalización manual. El escaneado de mapas genera un fichero ráster, y parte con la



ventaja de una mayor rapidez, así como la ventaja de ser un proceso automático y repetitivo. La digitalización manual se lleva a cabo mediante tabletas digitalizadoras, en las que un profesional se encarga de ir digitalizando una a una las distintas entidades que componen el plano, dando como resultado un fichero vectorial. También existen programas de vectorización que automatizan la labor de digitalización.



Dentro de los datos digitales, hay que distinguir entre los datos obtenidos en campo, y los datos obtenidos mediante sensores remotos.

Los datos obtenidos en campo, pueden proceder de levantamientos topográficos, o de datos del sistema de posicionamiento global (GPS), en ambos casos, la introducción de la información en el SIG es directa e inmediata mediante aplicaciones del propio software.



El GPS (Global Positioning System, en su acrónimo en inglés), permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto con una precisión de centímetros, aunque lo normal es una precisión de unos metros. El sistema GPS fue desarrollado por el departamento de defensa de los Estados Unidos.

El sistema GPS funciona mediante una red de 24 satélites que se encuentran en órbita a 20.000 km, con trayectorias sincronizadas que permiten cubrir toda la superficie terrestre. Para determinar la posición, el receptor localiza un mínimo de tres satélites de la red, de los cuales recibe unas señales indicando la identificación y la hora del reloj de cada uno de ellos. A continuación, el receptor sincroniza el reloj del GPS y calcula el tiempo que tardan en llegar las señales al equipo, midiendo la distancia al satélite por triangulación. Conocidas las distancias, se determina fácilmente la posición respecto a cada satélite. Conociendo además las coordenadas o posición de cada uno de los satélites, se obtiene la posición absoluta del punto de medición.

En cuanto a los sensores remotos, en los últimos años se está produciendo un auge de estos, debido a las posibilidades que ofrecen. Por sensores remotos, se entienden las cámaras, escáneres, etc., acoplados a plataformas móviles como aviones y satélites. Generalmente, la información proviene de sensores ubicados en aviones, pues suponen un menor costo que en el caso de los sensores situados en satélites.

La teledetección supone también una gran fuente de información para los SIG, entendiéndose esta, como las operaciones que se realizan para observar la información que se recibe desde sensores ubicados en plataformas como satélites, aviones etc. La teledetección arroja información en formato ráster.

Hay dos tipos de teledetección, por un lado la pasiva (detectan la radiación reflejada o emitida por un cuerpo), y por otro lado la activa (se emite energía que el objeto refleja y el sensor vuelve a analizar).

Todos estos métodos de captura de la información, han de ser contrastados y revisados, ya que son muy frecuentes los errores tanto en la edición gráfica (fallo en la representación de intersecciones, fallo en coberturas), como en la

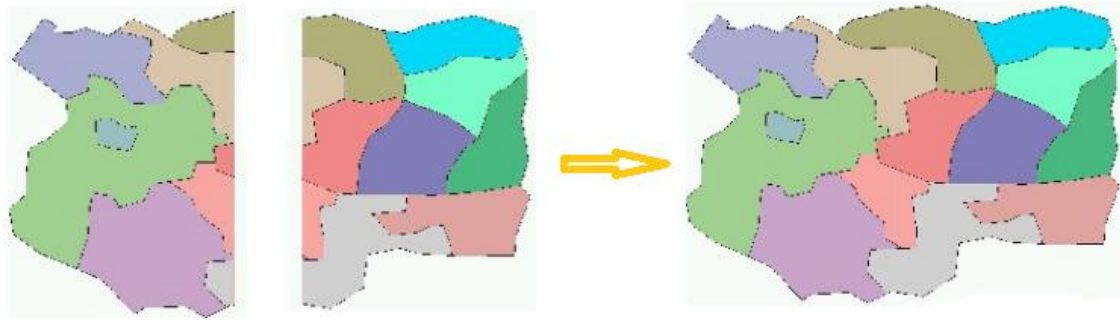


topología de objetos. De los errores que contenga la información final, dependerá la precisión del proyecto o estudio realizado.

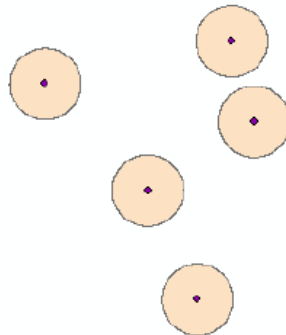
2.9 Análisis de la información

El análisis de la información permite obtener nueva información a través de la información recopilada, mediante un análisis o modelamiento de esa información. Las posibilidades de análisis que presenta un SIG son numerosas, así que a continuación se especificarán las funciones más relevantes de un SIG:

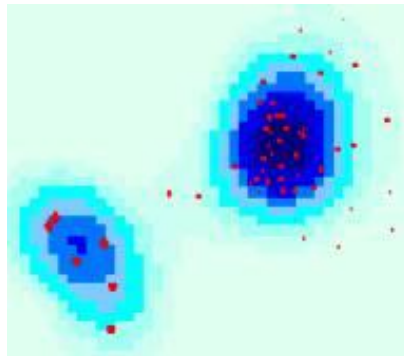
- **Consulta y selección de información:** especificando unos determinados valores que los objetos deben cumplir, un SIG es capaz de seleccionar aquellos objetos de entre un conjunto, que cumplen las especificaciones indicadas.
- **Contigüidad:** Se pueden obtener áreas o polígonos que cumplen la relación de contigüidad.
- **Coincidencia:** se obtienen aquellas entidades que se superponen (coinciden), ya sean puntos, líneas o polígonos.
- **Conectividad:** Se reduce al análisis de redes, es decir, conjuntos de líneas, pudiéndose estudiar cómo se mueve un elemento por la red (enrutamiento), el alcance del elemento que se mueve (radio de acción), el análisis de la ruta más corta, el análisis de la ruta más corta en cuanto a tiempo, etc.
- **Operaciones entre capas:** se pueden obtener datos a través de capas existentes mediante la unión de capas, la fusión, la limitación a una figura (clip), intersección, superposición de ráster, etc. También mediante el uso de operaciones matemáticas y lógicas sobre los atributos de los objetos se puede obtener nueva información. A continuación se puede observar una operación de fusión entre capas:



- **Análisis de proximidad:** Son operaciones que generan áreas según la distancia a un objeto de referencia. Dentro de estas operaciones destacan el buffer (área que rodea una figura), y los mapas de distancias y mapas de proximidad (ilustran como se reparte un territorio en términos de diferencia de distancias a cada objeto, o cómo se asigna a cada parte del territorio su objeto más cercano). A continuación se puede observar un ejemplo de buffer entre puntos que podría representar la influencia entre pozos de agua:



- **Análisis de densidad:** Permiten determinar cuáles son las áreas donde se concentra más o menos un determinado tipo de objetos, o una variable asociada a estos. A continuación se puede observar un mapa de densidad en relación a los puntos que hay:



- **Análisis del terreno:** Se analiza la información relativa a la superficie para modelar otros parámetros geográficos, para lo cual se utilizan modelos digitales del terreno, en formato ráster, cuyas celdas tienen asociadas coordenadas X, Y, Z. Se pueden obtener mapas de curvas de nivel, mapas de pendientes, mapas de orientación de la pendiente, mapas de sombras, mapas de visibilidad, etc. A continuación se puede observar un mapa de sombras:



- **Geometría de coordenadas:** Operaciones geométricas para el uso de coordenadas terrestres por medio de operaciones lógicas y aritméticas, tales como proyecciones terrestres sobre mapas, transformaciones geométricas (rotación, traslación, cambios de escala), precisión de coordenadas, corrección de errores, etc.



2.10 Limitaciones de los Sistemas de Información Geográfica

Además de las innumerables funciones y facilidades que ofrecen los SIG, hay que mencionar ciertas limitaciones que presentan, como son:

- Costos altos de adquisición y mantenimiento del sistema.
- Costos y problemas técnicos en la captura de datos (captura y conversión).
- Necesidad de formación de personal especializado.
- Capacitación y actualización de equipo y software constante para tener una mayor versatilidad.

2.11 Descripción del software utilizado para el proyecto

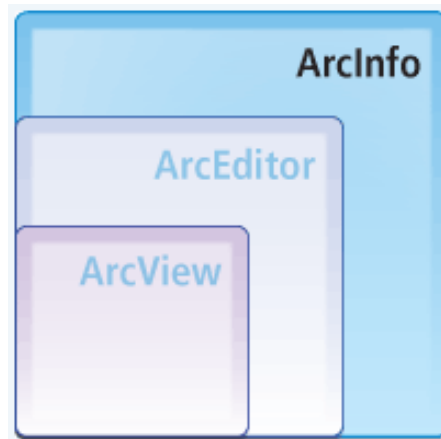
El software usado ha sido ArcGis Desktop 9.2, desarrollado por Environmental Systems Research (ESRI). Este software tiene tres licencias, estructuradas en tres niveles de funcionalidad distinta. Estas licencias son ArcView, ArcEditor y ArcInfo, ordenadas en cuanto a funcionalidad.

-ArcView proporciona herramientas para mapas y análisis, al igual que herramientas de edición simple y de geoprocésamiento.

-ArcEditor tiene las funciones de ArcView, además de otras herramientas de geoprocésamiento avanzado.

- Por último, ArcInfo (que es la versión usada para este proyecto, pues es la licencia que posee la universidad) incluye las funcionalidades de ArcView y ArcEditor, además de otras herramientas de geoprocésamiento avanzado y aplicaciones de ArcInfo WorkStation.

A continuación se puede observar una imagen obtenida de la web de ESRI que estructura las tres licencias según su funcionalidad.



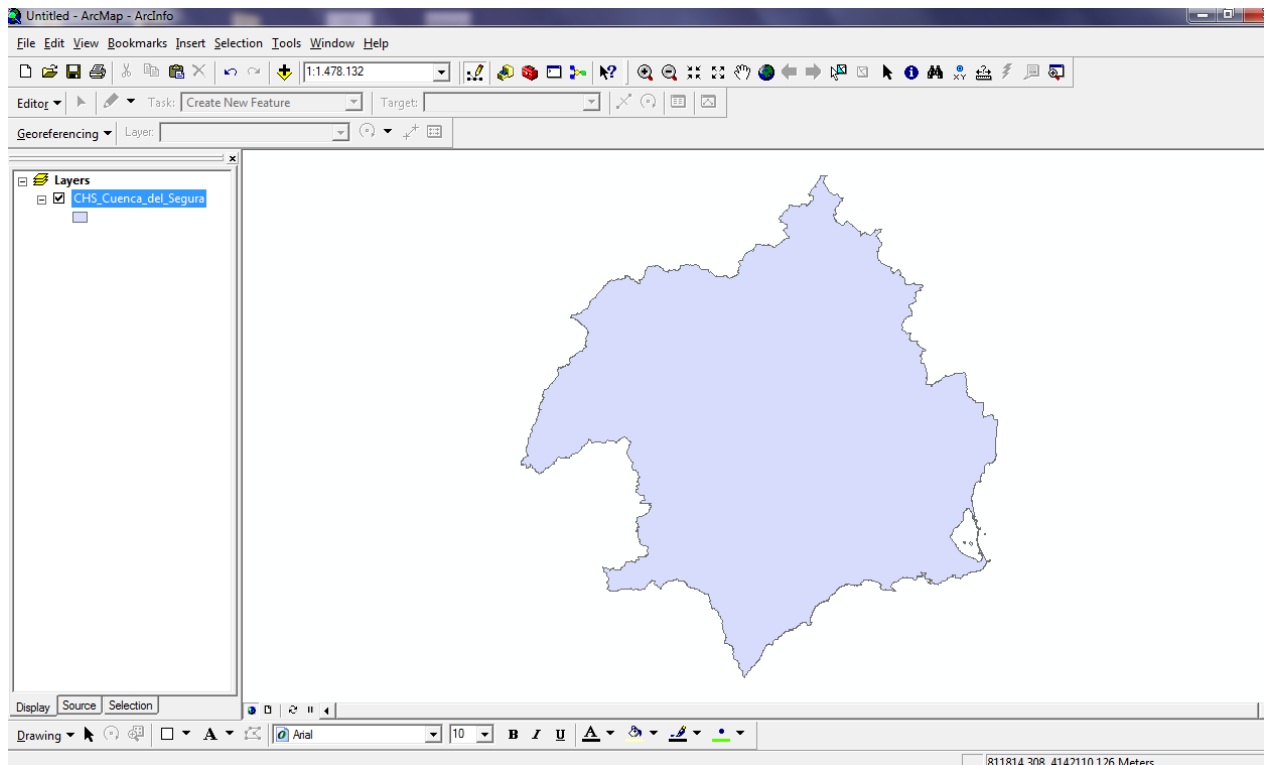
Una vez explicadas las distintas licencias de ArcGis Desktop, hay que mencionar que el programa se constituye en tres módulos, que son ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox, los cuales se comentan a continuación.

- **ArcMap:** Es el módulo central de ArcGis, y se usa para todas las situaciones que requieran de mapas, incluyendo cartografía, análisis espacial, edición, etc.

Esta aplicación permite trabajar con mapas, mediante una interfaz gráfica que está provista de una página de diseño, una vista o ventana geográfica con capas, una barra de escalas y flechas con el norte, entre otros elementos.

Con ArcMap se pueden visualizar datos, crear mapas con representaciones de calidad, resolver distintos problemas que se puedan plantear, presentar datos en forma de gráficos, desarrollar aplicaciones para personalizar la interfaz de usuario final, agregar nuevas herramientas para la automatización de tareas, etc.

A continuación se puede observar la interfaz gráfica de ArcMap, donde se puede observar una capa que delimita la cuenca del río Segura.



- **ArcCatalog:** Es una herramienta para la gestión de la información con la que se va a trabajar.

Con ArcCatalog se pueden manejar archivos de datos espaciales, diseñar bases de datos y visualizar metadatos. También permite encontrar, visualizar y organizar datos espaciales, así como crear sofisticadas bases de datos geográficas para almacenar información.

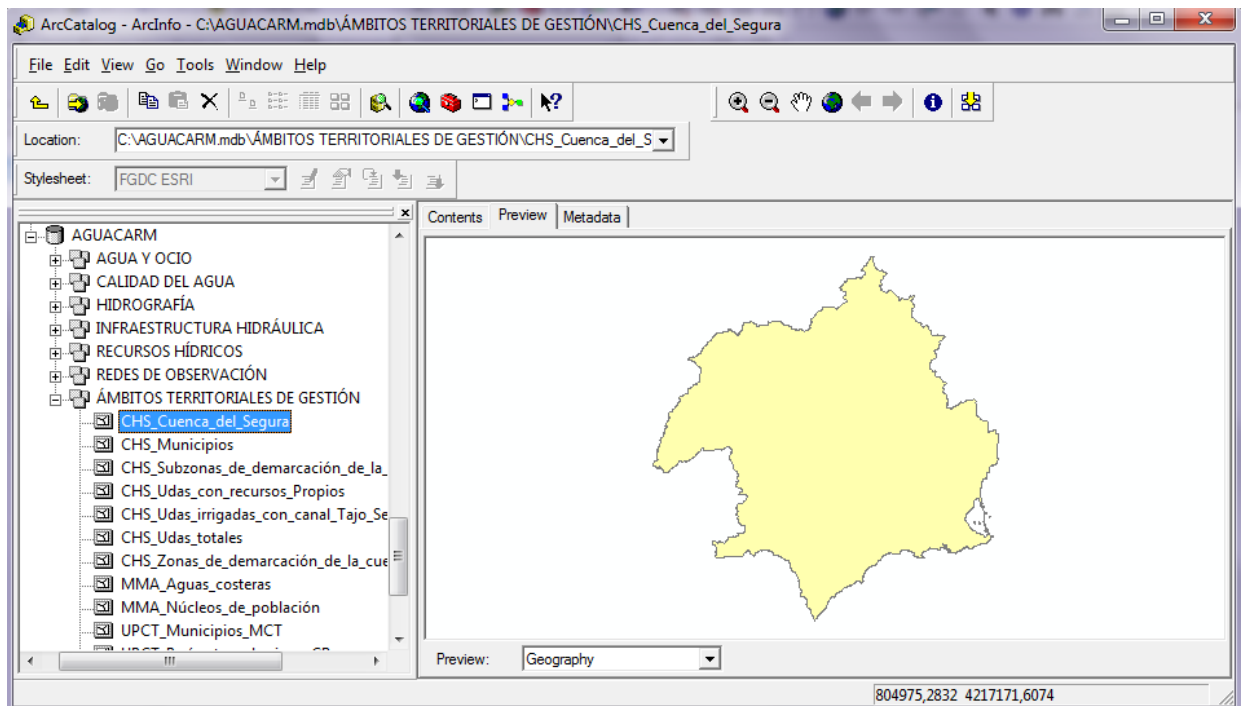
ArcCatalog facilita la búsqueda de archivos e información mediante conexiones a bases de datos, ya sean personales o remotas.

En ArcCatalog la información se visualiza de tres maneras, siendo estas el contenido (iconos, listas, detalles, etc.), la vista previa (visualización gráfica o tablas), y los metadatos (Georreferenciación, fecha de creación, fecha última de edición, tamaño de celda, etc.).

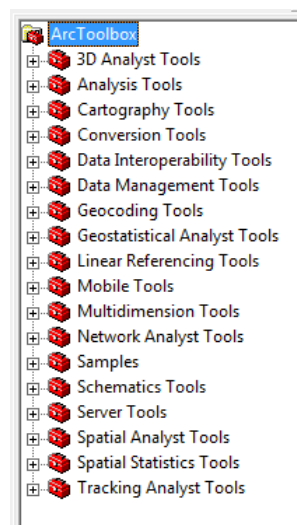
ArcCatalog permite visualizar los archivos Shapefile, al contrario que el explorador de Windows, que muestra los siete archivos que constituyen cada Shapefile.



A continuación se puede observar la interfaz gráfica de ArcCatalog:



- **ArcToolbox:** Este módulo es el que permite llevar a cabo un análisis de la información. ArcToolbox contiene una multitud de herramientas utilizadas para conversión de datos, geoprocésamiento, manejo de la información, proyección de mapas y exportación e importación de datos. A continuación se puede observar la interfaz gráfica de ArcToolbox:





En definitiva, la información se administra con ArcCatalog, se procesa y edita con ArcTollbox, y se visualiza mediante ArcMap. Las tres aplicaciones, trabajando en conjunto permiten consultar editar y crear información geográfica, así como importarla de otras plataformas o versiones.

2.12 Ordenación de la información: La Geodatabase

En la realización de un SIG se recopila una gran cantidad de capas de información, pero estas capas no tienen sentido sin una buena organización que permita relacionarlas entre ellas y dar lugar a una mejor capacidad de trabajo.

Para llevar a cabo la organización de las capas de información se realizan las geodatabases, abreviación de base de datos geográfica. Se podría decir que la geodatabase es la matriz de la información recopilada, pues en ella se encuentra todo lo elaborado.

Una geodatabase es un modelo que permite el almacenamiento físico de la información geográfica, ya sea en archivos dentro de un sistema de ficheros, o en una colección de tablas en un sistema gestor de datos.

La geodatabase es el formato más reciente para guardar información proporcionado por el software ArcGis, y a diferencia de otros formatos basados en archivos y directorios que guardan las coordenadas y los atributos en archivos separados (como los Shapefiles), la geodatabase almacena estos dos tipos de información en una única base de datos.

Entre las principales características de la geodatabase se encuentra la capacidad no solo de almacenar puntos, segmentos y polígonos, sino además información como ráster, tablas, etc. También permiten ser usadas por dos o más usuarios a la vez.

La geodatabase tiene una serie de ventajas como:

- Sencillez a la hora de transportar o copiar información a otros equipos.



- Reducir el riesgo de perder o corromper alguno de los 7 archivos que componen cada Shapefile.
- Es un buen método para crear una copia de seguridad de las capas definitivas de información que se han generado.

En cuanto a los tipos de geodatabase, el software Arcgis dispone de tres modelos:

- **Personal geodatabase:** El contenido se encuentra en un solo archivo de base de datos de Microsoft Access (.mdb). Este tipo de geodatabase se encuentra disponible para todas las versiones de ArcGis, y cuenta con la limitación del tamaño, pues solo se pueden almacenar un máximo de 2GB.
- **File geodatabase:** Es un sistema de archivos de carpeta que contiene un archivo por cada dataset. En cuanto a la capacidad, se ve notablemente aumentada con respecto a la personal geodatabase, alcanzando 1 TB (1024 GB).
- **ArcSDE geodatabase:** Este tipo de geodatabase puede utilizar cualquiera de una gran variedad de bases de datos relacionales, como Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2, etc. En cuanto a la capacidad, no tiene límite pero requiere de ArcSDE.

En cuanto al tipo de información que se almacena en una geodatabase, cuatro son los tipos principales: Feature class, Feature dataset, Ráster dataset y Tablas.

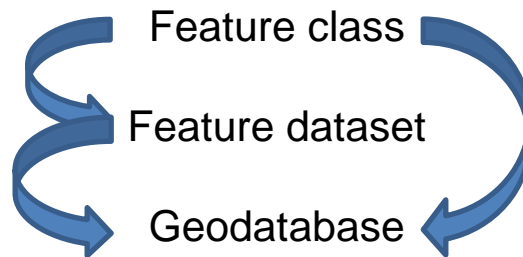
La geodatabase creada para el proyecto usa prácticamente todos los tipos de datos anteriores, pero dado el mayor número, predominan las Feature classes y las Feature dataset, que se comentan a continuación:

- Una **feature dataset**, es una colección de feature classes (clases de elementos) relacionadas que comparten un sistema de coordenadas. Se usan para integrar espacial o temáticamente feature classes mediante una tipología, una red de elementos, un conjunto de datos de terreno, o una red geométrica. Las feature dataset pueden aparecer o no dentro de la geodatabase englobando a las feature classes.



- Una **feature class** dentro de una geodatabase, es una colección de elementos geográficos con el mismo tipo de geometría (puntos, líneas o polígonos), los mismos atributos, y la misma referencia espacial.

En definitiva, las feature clases se encuentran en la geodatabase, pudiéndose englobar o no en las feature datasets, como se muestra a continuación:





3. CREACIÓN DE AGUACARM

3.1 Obtención de la información

La información final que se pretende recoger con el proyecto, consiste en capas shapefile con una base de datos asociada, que permitan trabajar después durante la fase de ejemplos de análisis de la que consta el proyecto.

Además de estas capas shapefile, se ha intentado en la medida de lo posible, recopilar archivos pdf que expliquen o arrojen datos de los objetos representados en los archivos shapefile, así por ejemplo, en el caso de la capa de estaciones EDAR, se ha procurado elaborar un archivo pdf para cada depuradora, donde se recaba información sobre sus etapas de tratamiento, capacidad, etc.

Por último, la información se organiza en una personal geodatabase, asunto que se explica en el punto 3.4.

A la hora de recopilar información, se han presentado tres casos distintos, dependiendo de si la capa se encontraba hecha a priori por otro organismo, de si hay que modificar algo en la capa, o si por el contrario la capa se ha hecho desde cero. A continuación se explican detalladamente cada uno de estos casos exponiéndose ejemplos.

3.1.1 Capas que se han obtenido de organismos y no han sufrido modificación

Este caso es el más sencillo, pues ha consistido en recopilar información de los distintos organismos que gestionan el agua de la cuenca del Segura, sin embargo, es la situación menos común de las tres que se presentan.



La información (en este caso archivos shapefile), se ha descargado directamente de la página web del organismo, o bien en los casos que se ha requerido, se ha elaborado una petición formal del archivo y posteriormente se ha recogido en el organismo mediante un pendrive.

Ejemplo de este caso, es la capa de información recaba de la confederación hidrográfica del Segura, capa denominada CHS_Acuíferos, donde se recogen los acuíferos que conforman la cuenca del Segura.

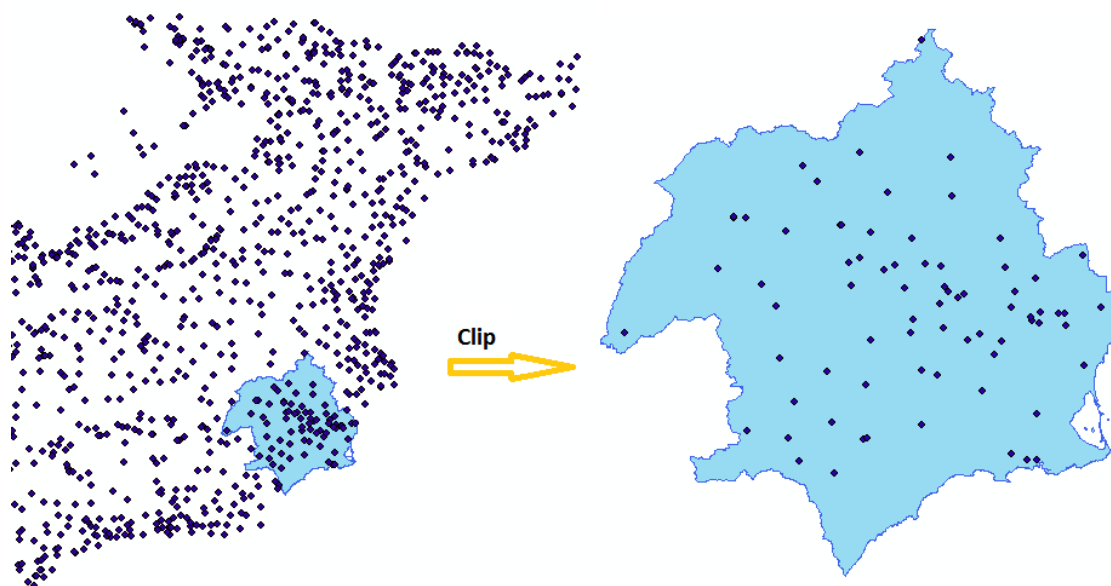
En esta capa de información, no se ha llevado a cabo ninguna modificación de la información obtenida, no añadiendo ni quitando información de la tabla de atributos de la capa.

3.1.2. Capas que se han obtenido de organismos y han sufrido modificación

Este caso se refiere a capas de información que se han obtenido de los organismos, y posteriormente se les ha realizado una modificación, a fin de completar la información o subsanar algún posible error. Las distintas modificaciones que se han llevado a cabo han sido:

- **Limitación de la información a la zona de estudio:** En este caso, se disponía de capas de información que abarcaban un ámbito mayor a la cuenca del río Segura, como puede ser un ámbito nacional (una capa que abarque la península ibérica), para lo cual se ha realizado un recorte de la información, adecuándola a la cuenca del río Segura mediante la herramienta “clip” de ArcToolbox.

Un ejemplo de este tipo de caso han sido las capas provenientes del Ministerio de Medio Ambiente, como por ejemplo la capa MMA_Aguas de baño, donde se recogen las aguas en las que está recogida la posibilidad de baño. En esta capa se ha realizado un recorte de la información limitándola a la cuenca del Segura, pues la información que abarcaba la capa cubría toda la península ibérica. A continuación se puede observar el resultado:



- **Eliminación de información no relevante:** En algunos casos, las capas traían asociada a la tabla de atributos información que no era relevante, como códigos específicos dados por el organismo, y que fuera de este carecen de sentido, por lo cual han sido eliminados para evitar cualquier confusión.

Un ejemplo de este supuesto ha sido la capa MMA_Aguas costeras, donde se encuentra recogidos los distintos polígonos que delimitan las zonas de gestión de las aguas costeras, y donde aparecían una serie de códigos propios del organismo que a efectos prácticos de este proyecto no tenían uso, con lo que se decidió suprimirlos.

- **Completado de información:** En los casos que ha sido posible, se ha intentado mejorar la capa añadiendo información complementaria que no se encontraba en la capa, y que resulta interesante y útil para llevar a cabo futuros estudios.

Un ejemplo de este proceso es la capa CHS_Embalses, donde se recogen todos los embalses de la cuenca del Segura. A priori, en esta capas solo venían especificados en la tabla de atributos, el nombre, la superficie, el perímetro, y las coordenadas X, e Y. Posteriormente, mediante la consulta de diferentes páginas sobre presas, se ha añadido a la tabla de atributos



información relevante como la capacidad, el tipo de uso, el cauce al que afecta, el tipo de presa y el año de construcción.

3.1.3 Capas de elaboración propia

Este supuesto es el más complejo y el más laborioso de todos, pues se han tenido que realizar las capas de información desde cero. En este caso se presentan también tres supuestos a la hora de la creación de capas, que se detallan a continuación:

- **Elaboración de capa mediante información relativa a la posición:** Este caso, consiste en que a través de información donde se especifican las coordenadas del objeto, se introducen estas en el software, creando las entidades que representan el objeto, que en la mayoría de casos han sido puntos.

Un ejemplo de esta elaboración de capas ha sido la capa UPCT_Estaciones del IMIDA, donde se recogen las estaciones meteorológicas que el instituto murciano de investigación y desarrollo agrario y alimentario tiene repartidas sobre el territorio de la Región de Murcia. En un principio se recabó información acerca de las situación de estas, es decir, se obtuvieron las coordenadas X e Y de cada una de las estaciones, y después, estas coordenadas se introdujeron en el software creando una capa de puntos a la que posteriormente se agregó información en la tabla de atributos como el nombre y la altitud.

- **Elaboración de capa mediante servicios WMS:** Los servicios WMS brindan al usuario una gran cantidad de información, pero que solo permite una visualización de la misma, aunque esto es más que suficiente para obtener la posición de los distintos objetos.

Un ejemplo de este supuesto, ha sido la capa UPCT_Radar meteorológico, donde se puede observar el único radar meteorológico que se encuentra en la Región de Murcia. Para realizar esta capa, se ha contado con el servicio WMS Atlas del agua de Murcia, perteneciente al IMIDA. Una vez visualizado el punto,



se ha digitalizado a una escala razonable (1/2000), para obtener una buena precisión de la posición del radar.

- **Elaboración de capas mediante digitalización sobre ortoimagen:** Este supuesto, consiste en digitalizar un objeto, que en la mayoría de casos han sido polígonos y polilíneas, a través de su visualización sobre una ortoimagen. Generalmente se corresponde con objetos fácilmente identificables como canales, masas de agua, etc., elementos que destacan dentro del entorno, con lo que se distinguen fácilmente.

Un claro ejemplo ha sido la creación de la capa UPCT_Canal Tajo-Segura, que recoge los diferentes canales que discurren por la cuenca y que traen el agua del río Tajo. Para ello, se ha utilizado como base la ortoimagen NATMUR-08 cuando el canal discurre por la Región de Murcia, y la ortoimagen del PNOA (plan nacional de ortofotos aéreas) cuando el canal discurre por territorio que no es de la Región de Murcia, pues la ortofoto NATMUR-08 solo cubre la Región de Murcia. En cuanto a la escala a la que se ha realizado la digitalización, cabe mencionar que en los tramos rectos y bien visibles se ha usado la escala 1/5000, mientras que en tramos complejos como acueductos y zonas curvas se ha utilizado una escala 1/2000. A continuación se puede observar el resultado:





3.2 Información adjunta: hipervínculos

Además de las capas de información, como se ha expuesto anteriormente, siempre que ha sido posible se ha intentado obtener información relevante de cada una de las entidades u objetos que contiene la capa, para lo cual se ha recabado información en formato pdf, y en los casos en los que ha sido posible, se han creado hipervínculos desde la tabla de atributos a páginas web para poder ver información en tiempo real, como en el caso de las estaciones meteorológicas.

Toda esta información ha sido ligada a las capas shapefile creadas mediante hipervínculos, y a continuación se expone el proceso para cada uno de los casos expuestos anteriormente.

3.2.1 Archivos pdf asociados a las capas

En ocasiones, se ha podido obtener archivos pdf con la información de las capas por parte de los organismos públicos, ya sea porque la información se encontraba en un archivo pdf para descargar en la Web, o mediante una pequeña redacción de la información, basándose en datos obtenidos del organismo en los casos en los que no había archivos para descargar.

Por ejemplo, en el caso de las capas realizadas a partir de información del IGME (Instituto Geológico y Minero de España), se ha contado en todo momento con archivos pdf descargados directamente de la web de cada uno de los objetos, con lo que la información elaborada tiene un elevado nivel de calidad.

Por último, con la información ya recogida en los pdf, se ha realizado mediante el software, un hipervínculo a estos archivos, de manera que al pinchar sobre un objeto de una capa se despliegue el archivo pdf con la información adicional.



3.2.2 Capas con información asociada a través de la Web.

En ocasiones, la información brindada por la Web era mucho más relevante que cualquier información recabada en un pdf, sobre todo por la posibilidad de poder ver información en tiempo real a través de internet. Por este motivo, en algunos casos, en vez de realizar un hipervínculo a un archivo pdf sin capacidad de actualización, se ha realizado un hipervínculo a una página web.

Un claro ejemplo es la capa UPCT_AEMET, donde a cada estación meteorológica se le ha asociado un hipervínculo que despliega una ventana de la Web de AEMET, pudiéndose observar información meteorológica en tiempo real.

3.3 Presentación de la información

3.3.1 Formatos usados para el SIG

Las capas de información que se han recabado para la creación del SIG del agua de la Región de Murcia, han sido muy diversas, presentándose los dos formatos (vector y ráster) con los que se trabaja en los sistemas de información geográfica.

Así, en los ficheros en formatos vectoriales, se ha trabajado con las entidades punto, polilínea, y polígono prácticamente por igual, mientras que los ficheros tipo ráster son una minoría, al presentarse solo uno en todo el proyecto, referente al umbral de escorrentía de la cuenca del Segura.

Un objetivo cumplido, era contar con todos los formatos de información, ayudando así a comprender las ventajas de unos sobre otros, dependiendo de la situación, así, por ejemplo, para representar el canal del Tajo-Segura se utilizan polilíneas y no polígonos, pues lo que interesa es el trazado y no la superficie que abarca el canal.



3.3.2 Presentación de la información

En cuanto a la presentación de la información, debido a la cantidad de organismos de los que se ha recopilado información, y a fin de poder llevar a cabo una mejor organización de las capas, se ha utilizado una nomenclatura para las distintas capas, empezando por el organismo del que se ha obtenido seguido de una barra baja, y la descripción o nombre de la capa. A continuación se puede observar ejemplos de nombramiento de las distintas capas atendiendo al organismo del que procede la información.

Confederación hidrográfica del Segura → CHS_Acuíferos

Mancomunidad de los Canales del Taibilla → MCT_Depósitos

Comunidad Autónoma de la Región de Murcia → CARM_Contaminación por nitratos

Ministerio de Medio Ambiente → MMA_Aguas de baño

Protección Civil → PC_Zonas de inundación CL T=100

En los casos en los que las capas han sido de elaboración propia, se ha realizado la distinción de las demás capas, añadiendo al principio las siglas de la Universidad Politécnica de Cartagena, tal y como se muestra a continuación:

Elaboración propia → UPCT_Aguas minerales naturales

En cuanto a la presentación de la información, hay que destacar, que en todo momento se ha trabajado con el datum ED-50 (el cual se basa en el elipsoide de referencia de Hayford, y tiene el punto astronómico fundamental en Potsdam), pues la mayoría de organismos presentaban sus archivos aún en este datum, con lo que a fin de no crear errores de coordenadas de los objetos que componen los shapefiles, se decidió usar este datum en todas las capas, llegando a realizarse cambios de datum de ETRS89 a ED-50 en algunos casos, con el fin de dar uniformidad a la información.



Hay que recordar, que en la actualidad, el datum oficial es el ETRS89, aunque siempre cabe la posibilidad de realizar un cambio de datum, pues el software ArcGis dispone de las herramientas necesarias para ello.

Según el Real decreto 1071/2007, del 27 de julio, publicado en el BOE 207 del 29 de agosto, la cartografía producida o actualizada por las administraciones podrá publicarse hasta el año 2015 en ED50 o ETRS89, conforme a las necesidades de cada administración, aunque en las publicaciones en ED50 tienen que contener la referencia a ETRS89.

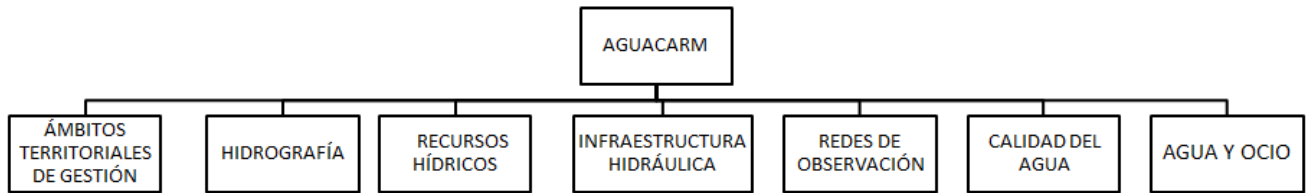
A partir del 1 de enero de 2012 no podrá inscribirse en el registro central de cartografía ni incluirse en el plan cartográfico nacional ningún proyecto que no cumpla con el Real decreto antes mencionado.

3.4 Ordenación de AGUACARM

Anteriormente, en el punto 2.12 se ha definido lo que es la geodatabase y sus principales características, a fin de comprender su estructura y entender la organización de la información del proyecto.

Las 65 capas de información que se han elaborado y recopilado para la elaboración de AGUACARM, se organizan en una personal geodatabe, pues los 2 GB de capacidad que ofrece este tipo de geodatabase son más que suficientes para almacenar todas las capas del proyecto.

Se ha creado una geodatabase llamada AGUACARM, dentro de la cual se han creado siete feature dataset, con el fin de organizar las distintas capas de información atendiendo a unos rasgos similares en cuanto al tema del agua. A continuación se puede observar un esquema de la geodatabase con las siete feature dataset.



Las siete feature dataset, además de agrupar capas con el mismo sistema de referencia, han servido para ordenar las capas atendiendo a los diferentes temas del agua que podemos encontrar, temas que se describen a continuación.

- **Ámbitos territoriales de gestión:** Se encuentran en este grupo, las capas de información relacionadas con la gestión del agua. Las capas contenidas son:

- Cuenca
- Municipios
- Subzonas de demarcación de la cuenca del Segura
- zonas de demarcación de la cuenca del Segura
- Udas con recursos propios
- Udas irrigadas con canal Tajo-Segura
- Udas totales
- Municipios MCT
- Perimetro de riego CR
- Aguas costeras
- Núcleos de población
- Comunidades CHS

- **Hidrografía:** Se encuentra aquí toda la información relativa a la cartografía del agua, siendo estas capas de información:



- Cauces (ordenados por horton entre 1-7)
- Cuencas endorreicas
- Inventario de cauces 2009
- Inventario de cuencas 2009
- Subcuencas (ligada a cauces)
- Zonas de inundación cuencas laminadas T=50
- Zonas de inundación cuencas laminadas T=100
- Zonas de inundación cuencas laminadas T=500
- Zonas de inundación núcleos población T=50
- Zonas de inundación núcleos población T=100
- Zonas de inundación núcleos población T=500

- **Recursos hídricos:** Se engloban aquí las capas de información relacionadas con la disponibilidad de recursos hídricos, como los acuíferos, así como ciertas capas que muestran el uso del agua con la finalidad de un beneficio económico, siendo estas capas las siguientes:

- Acuíferos
- Unidades hidrogeológicas
- Aguas minerales naturales
- Puntos de aguas termales
- Salinas de interior
- Salinas litorales

- **Infraestructura hidráulica:** Este apartado recoge la información referente a toda la infraestructura que se destina al agua, ya sea para su captación, transporte, distribución, depuración, etc. Las capas incluidas son:



- Canal del Taibilla
- Canal Tajo-Segura
- Embalses
- Aprovechamientos hidroeléctricos
- Tomas de los aprovechamientos hidroeléctricos
- Depósitos MCT
- Depuradoras
- Estaciones de impulsión MCT
- Estaciones de impulsión canal Tajo-Segura
- Plantas embotelladoras
- Potabilizadoras
- Colectores
- Conducciones
- Desaladoras
- Emisarios
- Red de abastecimiento
- Actuaciones
- Actuaciones de emergencia de sequía

- **Redes de observación:** Aquí se agrupan las capas que muestran los distintos puntos de observación de fenómenos relacionados con el agua, como precipitación, caudal, temperatura, etc., y que pertenecen a distintos organismos públicos, pudiendo obtener información de ellos en algunos casos en tiempo real mediante un hipervínculo a la web. Las capas contenidas en este subgrupo son:



- Estaciones AEMET
- Estaciones del IMIDA
- Estaciones SAIH
- Pluviómetros del boletín hidrológico
- Red oficial de estaciones de aforo en embalses
- Red oficial de estaciones de aforo en ríos
- Radar meteorológico

- **Calidad del agua:** Se recaba aquí toda la información referente a la calidad del agua, ya sean capas que muestran la información referente a zonas contaminadas, o redes de observación que miden los contaminantes vertidos al agua y alertan de su presencia. Estas capas de información son:

- Red de control de plaguicidas
- Red ICA
- Red RCSP
- Red SAICA
- Contaminación por nitratos

- **Agua y ocio:** Se ha intentado ver el tema del agua no solo como si fuera una necesidad biológica de los organismos, sino también un medio para el ocio. Por este motivo, en este apartado se recogen las diversas infraestructuras destinadas al ocio y que tienen como base el agua, siendo un ejemplo los balnearios y puertos deportivos, además de playas y zonas de baño. A continuación se muestran todas las capas recogidas aquí.

- Baños y balnearios de aguas frías
- Baños y balnearios de aguas termales
- Playas con bandera azul



-Puertos deportivos

-Aguas de baño

Además de los siete subgrupos mencionados anteriormente, hay que comentar, que el único ráster que se ha incluido en el proyecto queda fuera de las siete feature dataset, ya que estas solo admiten feature clases y no ráster. El archivo ráster se ha importado a la geodatabase como ráster dataset

Una vez descrito los siete apartados de los que se compone el SIG AGUACARM, además del ráster dataset incluido, hay que mencionar que capas entrarían dentro de cada uno de estos subgrupos temáticos del agua. Para ello, además de realizar una lista con cada subgrupo, se ha elaborado un esquema en una página en formato A3, que se muestra a continuación y que expone de manera visual la organización de la geodatabase.



Página en A3



4. EJEMPLOS DE ANÁLISIS CON AGUACARM

En primer lugar, hay que recordar que el fin último de un SIG es ayudar a la toma de decisiones, y esta toma de decisiones se realiza analizando la información de la que se dispone. Lo que se pretende con el análisis, es obtener nueva información a partir de la ya existente.

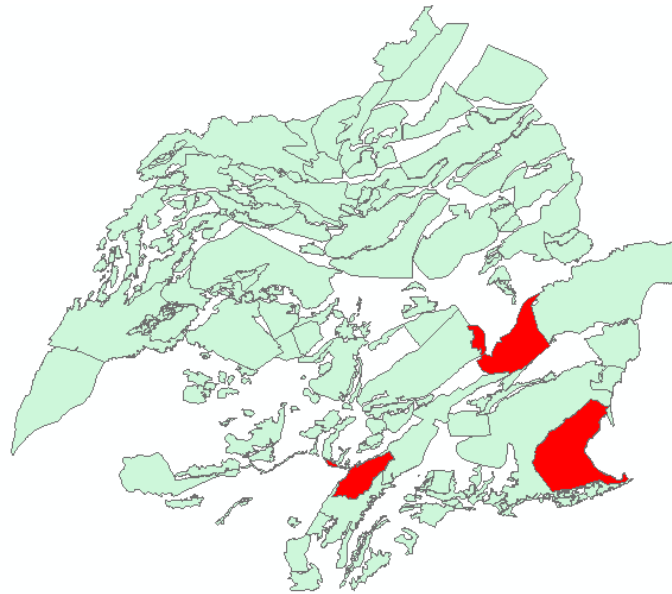
Para realizar esta parte del proyecto, se han realizado diez ejemplos con capas de información que componen el sistema de información geográfica AGUACARM, mediante la cuales se ha creado nueva información o se ha obtenido respuesta a supuestas situaciones propuestas por el ejemplo.

4.1 Determinación de acuíferos que pueden presentar contaminación por nitratos

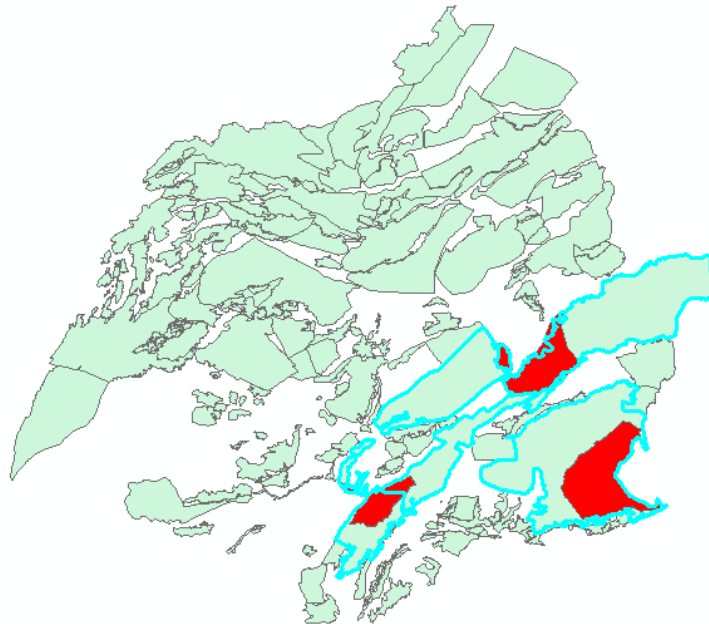
Para este ejemplo, se van a usar las capas CARM_Contaminación por nitratos y CHS_ Acuíferos, con el fin de obtener aquellos acuíferos del total de la cuenca del Segura que pudieran presentar problemas de contaminación por nitratos.

El análisis de este supuesto es muy simple, ya que se trata solo de una intersección entre las capas, lo que nos da la relación de acuíferos que se encuentran en zonas contaminadas por nitratos, y que por tanto son susceptibles de tener esa contaminación.

En la imagen siguiente se pueden observar las dos capas, siendo los polígonos de color rojo las zonas que presentan contaminación por nitratos, y los polígonos azules los acuíferos de la cuenca del Segura.



Una vez superpuestas las capas, el software analiza las intersecciones entre ambas capas, y muestra seleccionados por un contorno azul, los acuíferos que cumplen esa condición de intersección con las zonas contaminadas por nitratos, tal y como se ve a continuación:





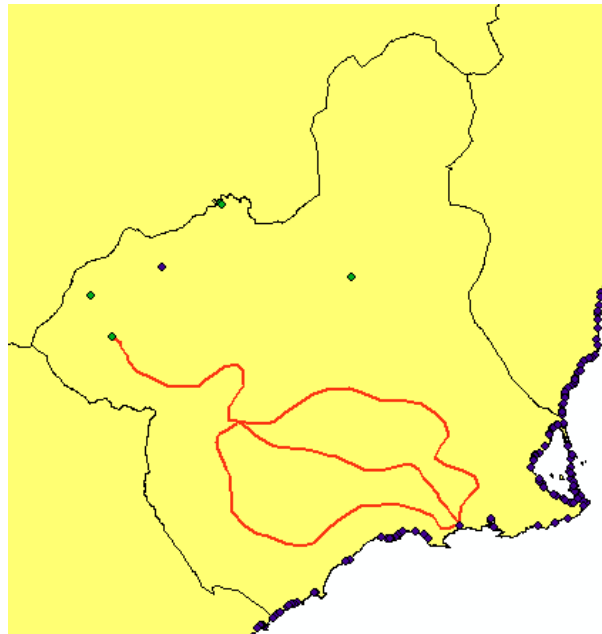
Con la operación de intersección realizada y los polígonos seleccionados, se puede crear una capa de información con los acuíferos que cumplen la relación de intersección, o consultar en la tabla de atributos el nombre de los acuíferos, como se puede observar a continuación:

Shape *	COD ACU	Nombre	Shape Length	Shape Area
Polygon	096	ALTO GUADALENTIN	144268,823615	272769552,635381
Polygon	097	BAJO GUADALENTIN	150812,938831	325303324,982881
Polygon	100	CAMPO DE CARTAGENA	329721,757616	1268111455,51562
Polygon	098	CRESTA DEL GALLO	37374,449944	25285729,000297
Polygon	080	ESPUÑA-MULA	141759,82042	498455133,812006
Polygon	150	LOS CAUTIVOS-TORRALBA	44836,787294	37769107,993227
Polygon	158	RIO GUADALENTIN	44097,452537	15774305,275204
Polygon	083	VEGA ALTA DEL SEGURA	30742,767085	27684590,888965
Polygon	084	VEGAS MEDIA Y BAJA DEL SEGURA	221580,14249	1021869192,7282

4.2 Determinación de la ruta más corta para el transporte de agua embotellada a zonas turísticas como playas

Para mostrar este ejemplo, se van a usar las capas UPCT_Plantas embotelladoras de agua y MMA_Zonas de baño. También se simulará una pequeña red de carreteras, al no disponer de la capa real de las carreteras de la Región de Murcia, pero a efectos prácticos la resolución es la misma.

Lo que se pretende con este ejemplo, es calcular la ruta óptima que debería seguir un camión que transporte agua embotellada desde una de las plantas embotelladoras que hay en la región, hasta una zona generadora de turismo como puede ser una playa, mediante un análisis de redes. En concreto, se ha dibujado una carretera con tres posibilidades, que va desde la planta embotelladora de fuente vidrio hasta la playa de el Portús, como se muestra a continuación, donde los puntos verdes son plantas embotelladoras de agua, los puntos azules son zonas de baño, y las polilíneas rojas son las distintas carreteras.



Una vez representada la situación, hay que analizar la ruta óptima que tiene que seguir el camión con el fin de ahorrar costes y tiempo en la entrega.

La ruta óptima tiene varios sentidos, pues puede ser la ruta más corta en cuanto a tiempo, o en cuanto a distancia. Como lo que se trata es de dar unas nociones básicas, se analizará en cuanto a la optimización de la distancia, pues para optimizar la ruta en cuanto a tiempo habría que introducir multitud de restricciones como semáforos, cruces, tramos de distinta velocidad, etc.

Para realizar el análisis se utiliza la extensión de ArcGis llamada Network Analyst, a la cual hay que especificar el punto de partida (planta embotelladora Fuente Vidrio), y el punto de llegada (Playa de el Portús), además de la capa donde se encuentran las carreteras.

Una vez especificados los parámetros, el software calcula la ruta óptima y la muestra, como se puede observar a continuación:



Como en el anterior caso, en la tabla de atributos se podría consultar las carreteras seleccionadas o crear una nueva capa con la información.

4.3 Cálculo aproximado del deslinde de un cauce

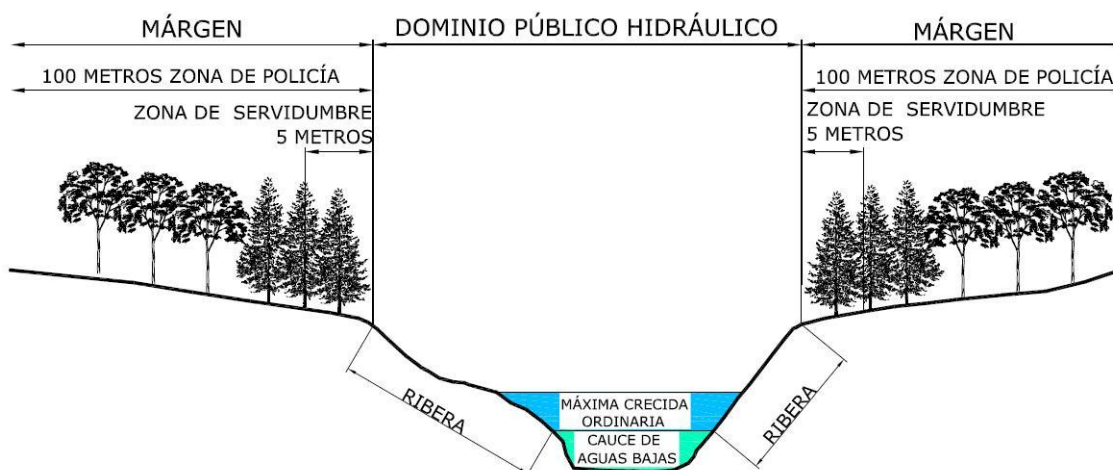
Esta capa, aunque no es exacta, supone una buena aproximación al deslinde de cauces, dentro del que se encuentra el dominio público hidráulico, la zona de policía, y la zona de servidumbre.

La capa no es exacta, pues para delimitar con precisión estas zonas hacen falta estudios hidrológicos, hidráulicos y topográficos que permitan determinar al ancho del cauce, zonas inundables, etc. Aun así, constituye una aproximación aceptable y un interesante ejemplo de la capacidad de análisis de los SIG.

Para este análisis, se ha usado la capa UPCT_Inventario de cauces 2009, que recoge los cauces que discurren sobre la Región de Murcia, y además, se usará como base para visualizar el resultado la ortoimagen NATMUR-08.



En primer lugar, hay que definir el deslinde de cauces, cosa que ejemplifica la siguiente imagen extraída de la página web de confederación hidrográfica del Segura.



De la imagen anterior se deduce que la zona de policía comprende 100 metros hacia cada una de las márgenes del río, incluyéndose dentro de la zona de policía, los cinco metros en cada margen de servidumbre.

En cuanto al dominio público hidráulico, su medida no es exacta, aunque sí se sabe que comprende el cauce y las zonas de ribera, cosa que habría que medir más rigurosamente en el caso de querer realizar un deslinde más preciso.

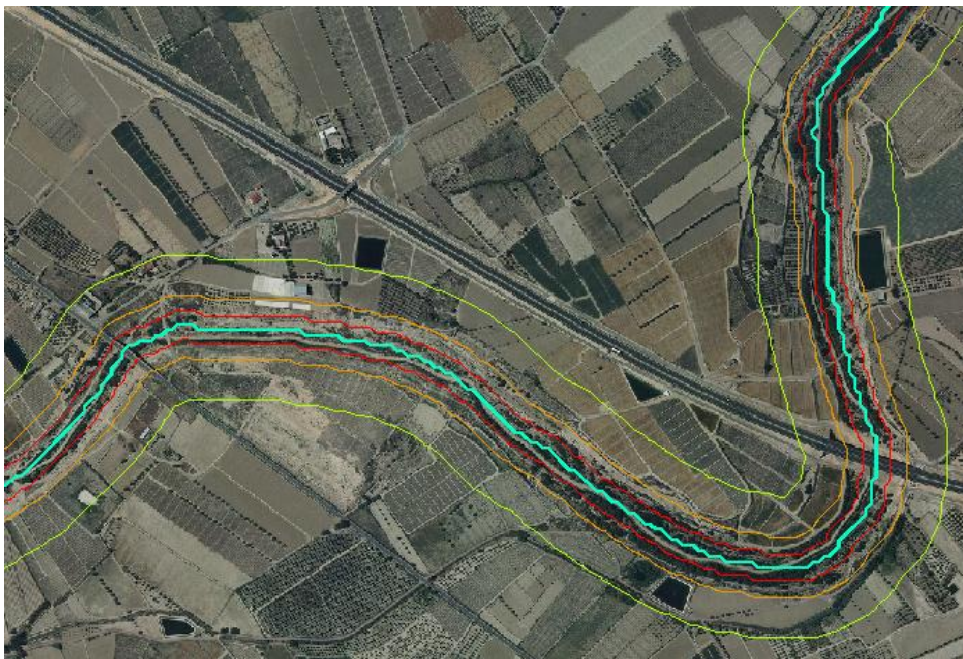
El análisis se limitará a calcular un perímetro alrededor del cauce, que se aproxime a lo que en la realidad sería la zona de policía, el dominio público hidráulico, y la zona de servidumbre.

Puesto que el dominio público hidráulico no tiene una medida concreta, se aproximará determinando que es de alrededor de 50 metros, pues el cauce analizado ha sido el río Guadalentín a su paso por Totana

Para realizar este análisis, en primer lugar se ha superpuesto la capa de cauces a la ortoimagen NATMUR-08, centrándose el estudio en un determinado tramo de cauce, pues es extrapolable a todos los cauces de la región. A continuación se muestra la imagen:



Para la determinación de las zonas de dominio público hidráulico, zona de policía, y zona de servidumbre, se ha realizado un buffer de 25 metros (50/2) en el caso de la zona de dominio público hidráulico, 30 metros para la zona de servidumbre, y 130 metros en el caso de la zona de policía. En la imagen inferior se ven las distintas líneas, que atendiendo a los colores son: perímetro verde (zona de policía), perímetro naranja (zona de servidumbre), y perímetro rojo (dominio público hidráulico).

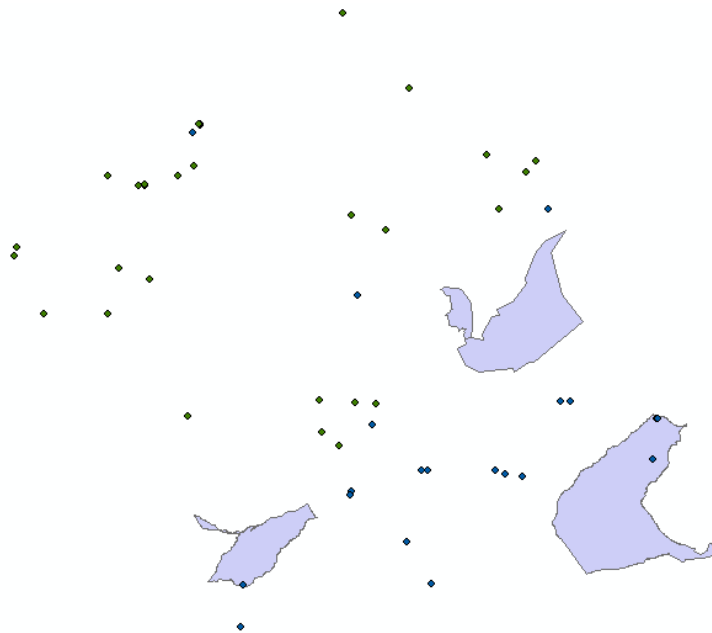




4.4 Sondeos susceptibles de captar agua contaminada

Para este supuesto, se van a utilizar las capas UPCT_Aguas minerales naturales, UPCT_Puntos de aguas termales y CARM_Contaminación por nitratos. Se pretende con este ejemplo, determinar aquellos sondeos que puedan ser susceptibles de captar agua contaminada al encontrarse en la zona contaminada por nitratos.

A continuación se puede observar la superposición de las tres capas anteriormente mencionadas:

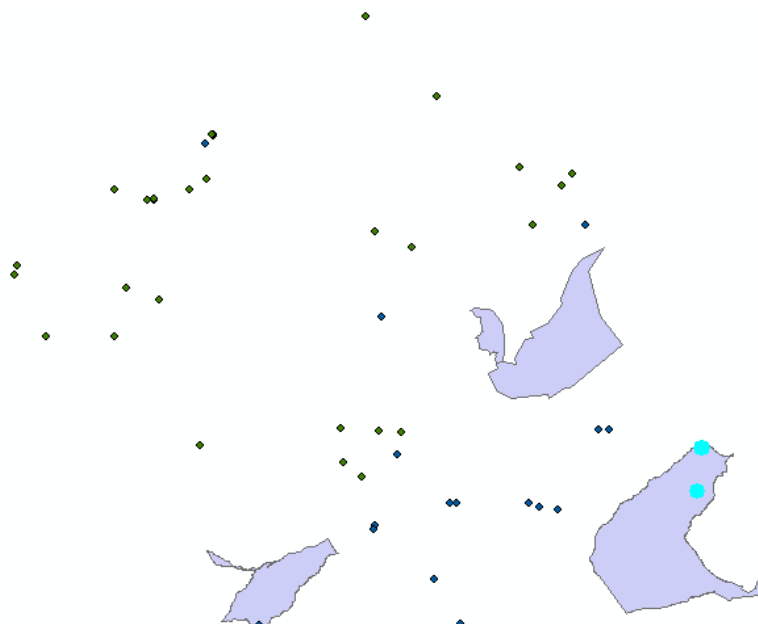


La realización de este análisis para determinar los sondeos es muy sencilla, pues se trata de una simple intersección entre las capas de sondeos y la capa de zonas contaminadas por nitratos.

Realizada esta operación de intersección, el software ArcGis selecciona aquellos sondeos que cumplen la relación de intersección, pudiéndose crear una capa de información nueva, o simplemente consultar en la tabla de atributos el nombre de los sondeos.



A continuación se pueden observar los sondeos que han sido seleccionados mediante el software, y que cumplen la condición de intersección con las zonas contaminadas:



4.5 Determinación de vías a cortar como consecuencia de avenidas.

Para este análisis, se usarán las capas PC_Zonas_de_inundación_CL_T_50, PC_Zonas_de_inundación_CL_T_100, PC_Zonas_de_inundación_CL_T_500, y al no disponer de una capa de carreteras oficial, se ha realizado la digitalización de algunas carreteras a fin de ejemplificar esta situación. A continuación se pueden observar las capas antes mencionadas:



Con este análisis, se pretende determinar aquellas carreteras que habría que cortar al tráfico en caso de inundaciones, con el fin de evitar posibles accidentes.

Para llevar a cabo este análisis, se ha requerido de las capas de información en formato ráster que recogen las zonas inundables en cuencas laminadas para distintos periodos de retorno.

En cuanto a las carreteras, como se ha explicado antes, no se dispone de la red oficial de carreteras, con lo que se ha procedido a la digitalización de algunos tramos de carretera de la zona de Lorca a su paso por el río Guadalestín, por ser este río representativo en el caso de fuertes avenidas.

Este análisis de carreteras se efectúa mediante una intersección, al igual que en ejemplos anteriores, lo que muestra la sencillez, pero a la vez gran utilidad, de esta herramienta.

Una vez calculadas las intersecciones, el programa selecciona las carreteras que teóricamente, ante una avenida de la magnitud correspondiente, deberían ser cerradas al tráfico para evitar cualquier posible percance. Esta herramienta permite anticiparse a una posible catástrofe si se lleva a cabo una buena predicción del agua que puede precipitar, y que por lo tanto puede discurrir en forma de caudal por el río. A continuación se puede observar el mapa con las



carreteras que se deberían cortar al tráfico en caso de avenida, sombreadas en azul.



4.6 Afección de infraestructuras hidráulicas a espacios protegidos

Cada vez es mayor la conciencia medioambiental de la sociedad, lo que lleva a los ingenieros a plantearse que sus proyectos afecten de manera nula, o lo menos posible al medioambiente.

Se pretende con este ejemplo, suponer que se está proyectando un canal, que en este caso será al canal del Taibilla, de manera que se pueda ver los distintos tramos de canal que afectan a espacios naturales protegidos propiciado un cambio en el trazado.

Así, para este supuesto se usa la capa de MCT_Taibilla, superponiéndola a la capa de zonas de especial protección para las aves (ZEPA), que se ha obtenido de la CARM y que no se encuentra en la geodatabase realizada para en proyecto.



A continuación se pueden ver las capas superpuestas:



Una vez superpuestas las capas, la operación que arrojará las zonas del canal del Taibilla que discurren por espacios protegidos es una intersección.

Estos tramos, que se muestran en la imagen inferior seleccionados por el software, deberían ser de nuevo planteados con el fin de no afectar a los espacios protegidos para las aves.





También se podrá plantear a la inversa, es decir, que el canal estuviera a priori (que es el caso) y se estuvieran delimitando las zonas de protección, con lo que habría que seleccionar los espacios naturales que intersectan con la red de canales del Taibilla para proponer otro deslinde, tal y como se muestra a continuación:



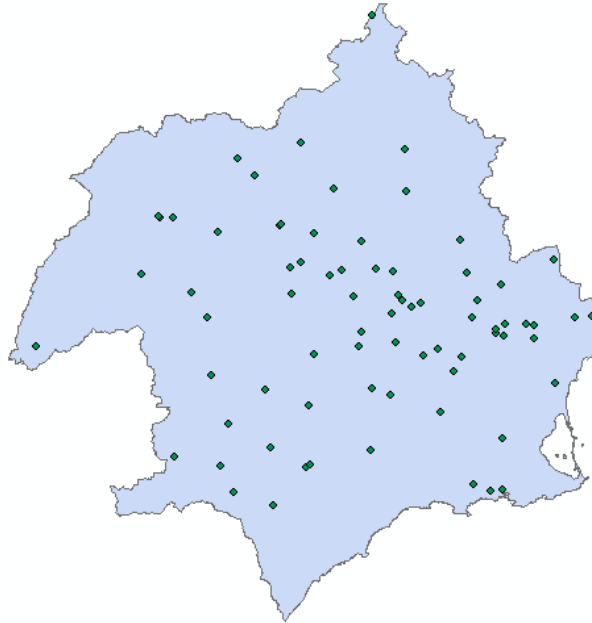
4.7 Elaboración de mapas de precipitación

Con el fin de averiguar la cantidad de agua caída sobre la cuenca del Segura, se realizan mapas en formato ráster que muestran la cantidad de precipitación caída sobre cada punto de la cuenca.

Hay que recordar, que la precipitación varía espacialmente, con lo que hay que llevar a cabo una técnica que permita mostrar esa variabilidad. Esa técnica es la interpolación, que es un procedimiento matemático utilizado para predecir el valor de un atributo (en este caso la precipitación) en una localización precisa a partir de valores del atributo obtenidos de puntos vecinos (en este caso las estaciones del SAIH).



Para realizar estos mapas, se parte de la capa MMA_SAIH, donde se encuentran todas las estaciones del Sistema Automático de Información Hidrológica, como se ve en la imagen inferior:



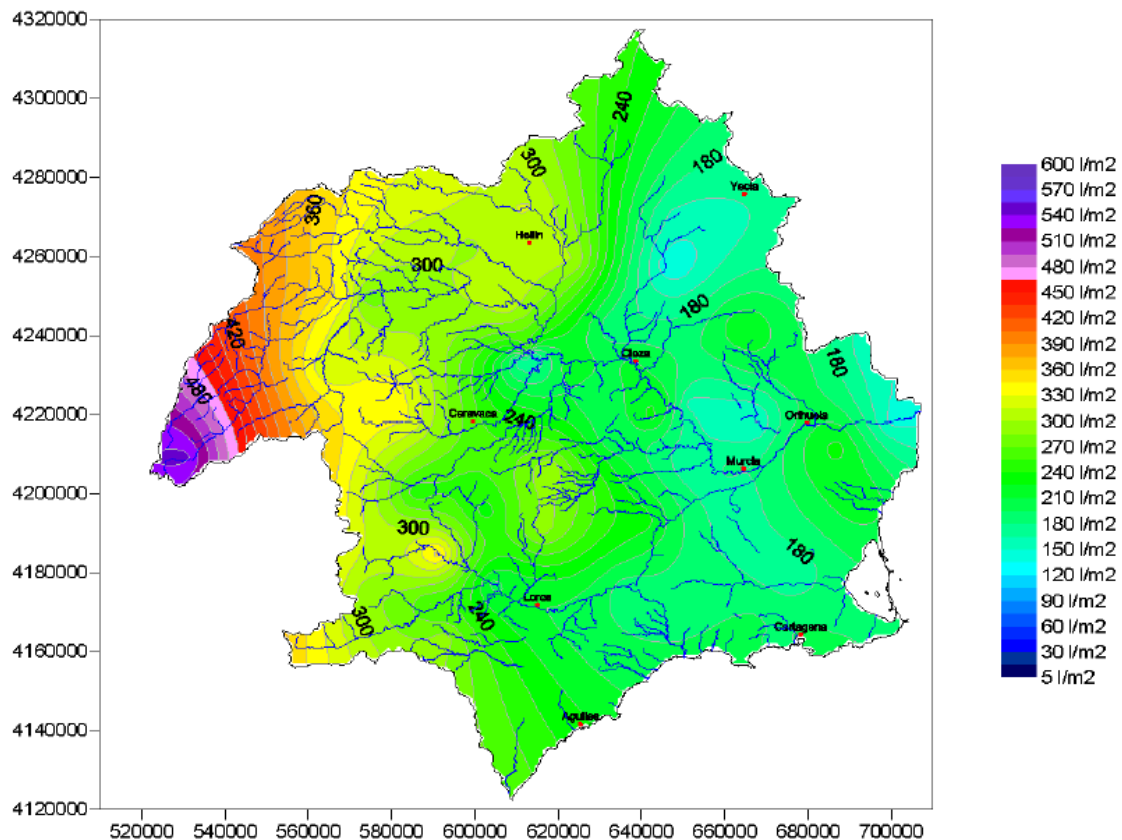
Existen diferentes métodos de interpolación, aunque el más extendido es el método de Kriging.

El método geo-estadístico o Kriging, describe la correlación espacial como temporal que existe entre valores de un atributo. Este método era tradicionalmente usado para la geofísica, la hidrogeología, etc. pero cada vez se usa más en otros campos como la ingeniería civil, la meteorología, etc.

En el caso que concierne a este estudio, no se poseían datos anuales de precipitación de las estaciones del SAIH, sin embargo, la confederación Hidrográfica del Segura elabora todos los años un mapa de precipitación anual sobre la cuenca del Segura usando el método de Kriging y con un paso de malla de 1000 metros, con lo que el resultado sería el mismo que si se hubiera realizado en este proyecto.



A continuación se muestra dicho mapa:



Hay que comentar, que igual que se pueden realizar mapas de precipitación en formato ráster, una vez obtenido este, se puede transformar a formato vectorial, obteniendo un conjunto de isolíneas (en este caso isoyetas), que muestran puntos con igual precipitación, aunque esta información es menos relevante que la del ráster, pues no representa tan bien la variabilidad espacial de la precipitación.

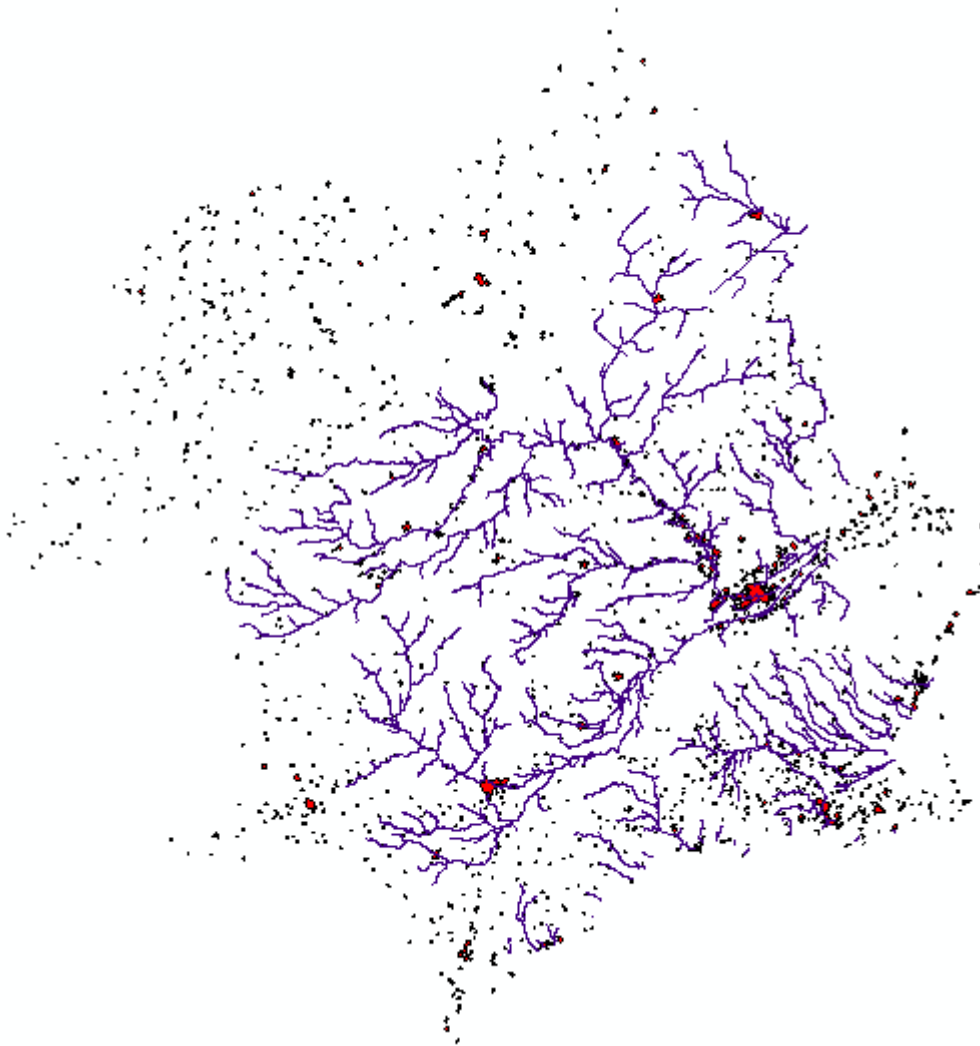
Por último, cabe decir, que igual que se realizan mapas de precipitación, se pueden realizar interpolaciones con otros tipos de datos como temperatura, evapotranspiración, etc., dando lugar a los mapas que muestran la variabilidad espacial de esas variables meteorológicas.



4.8. Determinación de tramos de cauces susceptibles de recibir vertidos.

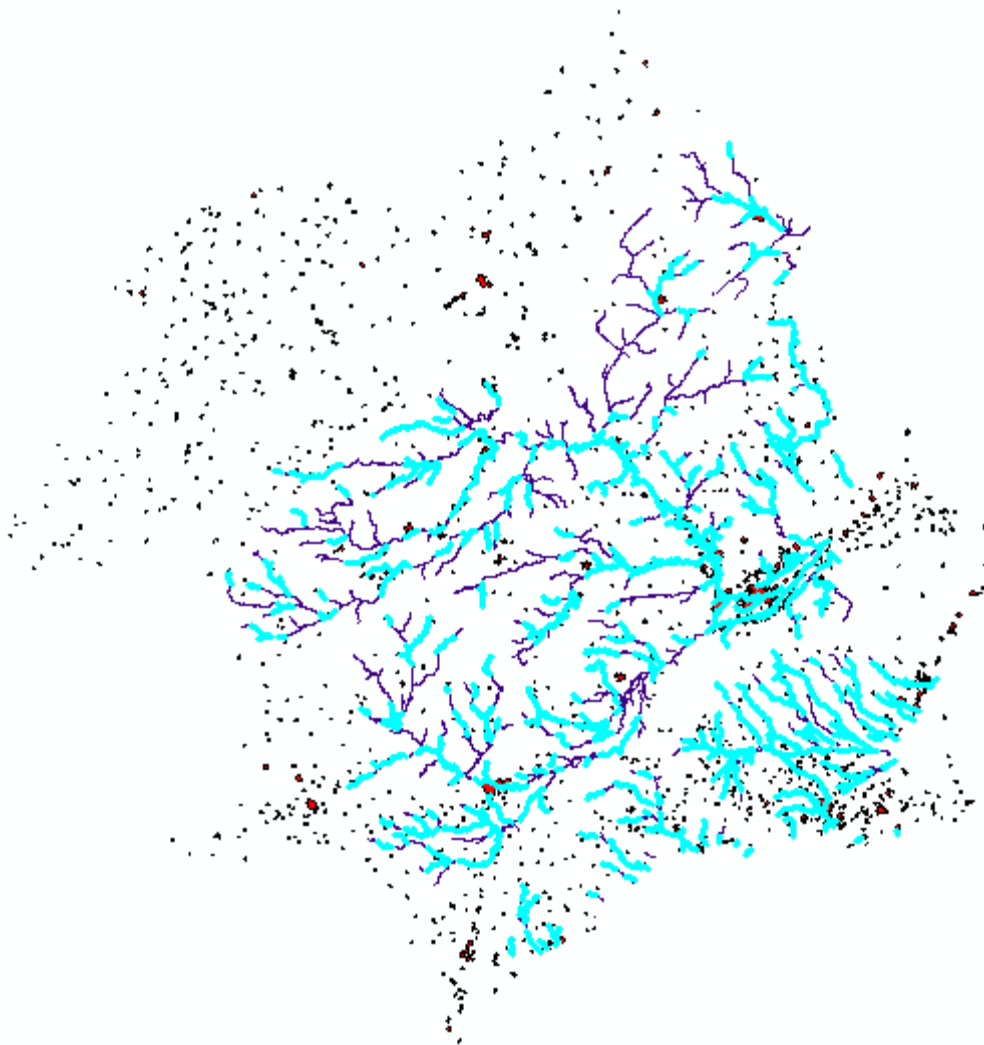
Aunque en la actualidad se controlan mucho más que hace unos años, los vertidos a cauces aún siguen siendo una práctica muy común. Lo que se pretende con este análisis, es determinar aquellos cauces que son susceptibles de recibir vertidos por encontrarse muy cerca de núcleos de población. Este análisis podría servir también, para decidir posibles ubicaciones de los puntos de control de las redes de control de calidad del agua.

Para llevar a cabo este análisis, se han utilizado las capas UPCT_Inventario de cauces 2009 y MMA_Núcleos de población, tal y como se muestra a continuación.





El análisis, trata de seleccionar aquellos tramos de cauce en los que hay un núcleo de población a menos de una cierta distancia, que en este caso ha sido considerada como 1000 metros. Para llevar a cabo este análisis, se ha utilizado la herramienta “select by location”, especificando la condición “are within a distance of”. Una vez realizado esto, el software selecciona los tramos de cauce que tienen núcleos de población a menos de 1000 metros, tal y como se muestra a continuación:



4.9 Determinación de playas con riesgo de verse afectadas por inundaciones.

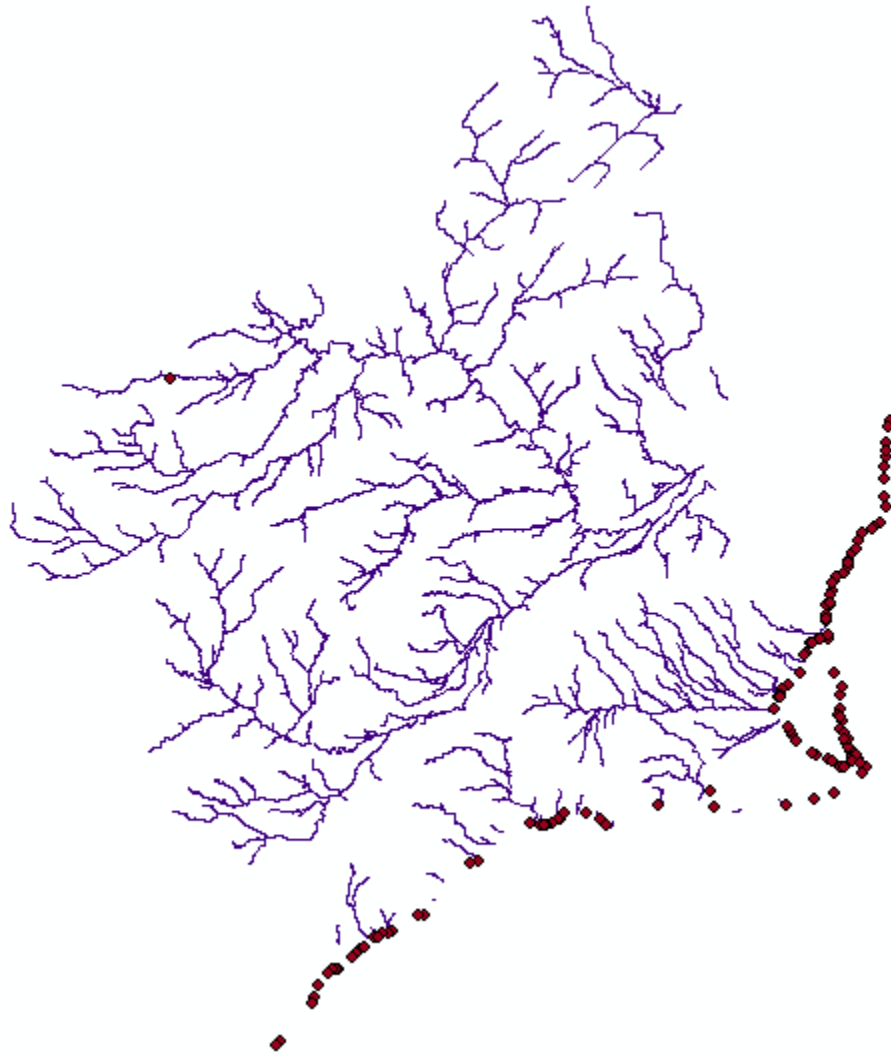
Se trata de averiguar que playas podrían verse afectadas en el caso de avenidas, por encontrarse en desembocaduras de cauces.



Este análisis presenta una gran utilidad, pues año tras año se dan casos de avenidas que acaban arrastrando coches de turistas que visitan las playas, y en ocasiones incluso personas.

Para la realización de este análisis se han usado las capas MMA_Zonas de Baño y UPCT_Inventario de cauces 2009.

A continuación se observa la superposición de ambas capas.



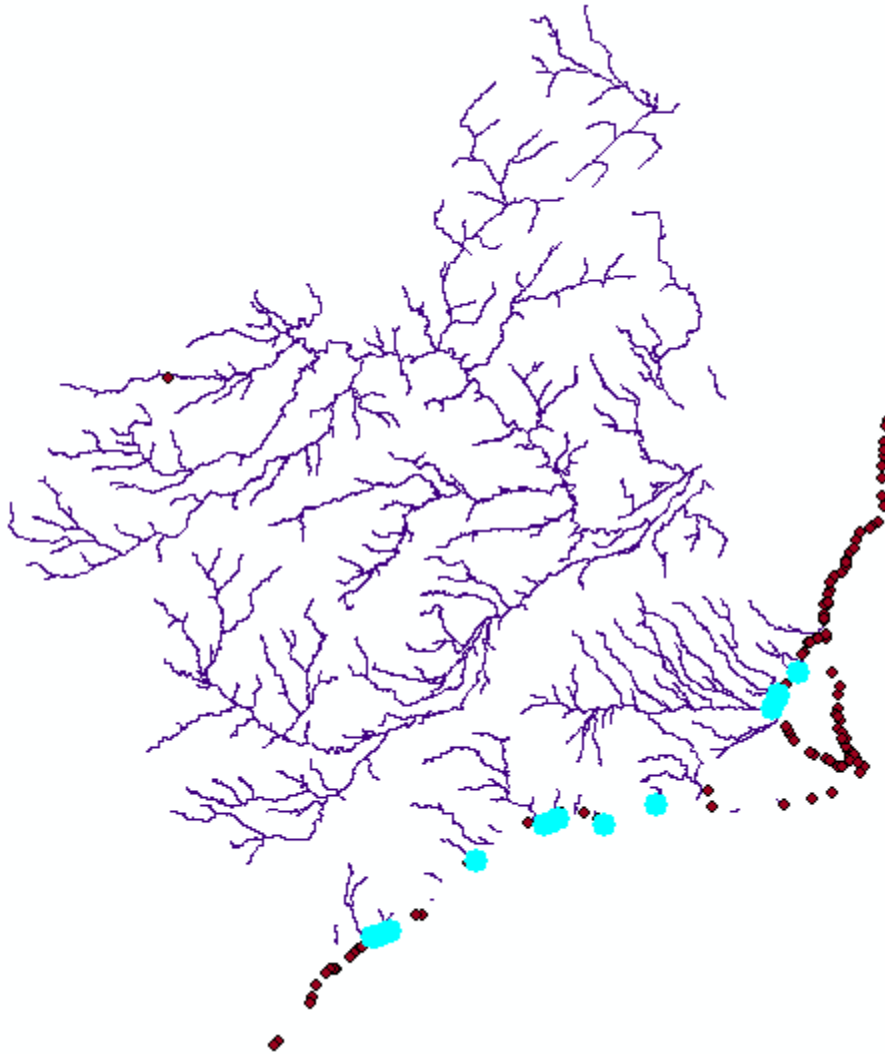
El análisis, trata de seleccionar aquellas playas que se encuentran a menos de una cierta distancia, que en este caso ha sido considerada como 500 metros.



Se han considerado 500 metros hacia ambas márgenes del cauce, porque las playas suelen ser conos de deyección, donde el flujo tiende a “abrirse”, al encontrarse con una superficie llana y de poca pendiente.

Para llevar a cabo este análisis, se ha utilizado la herramienta “select by location”, especificando la condición “are within a distance of”.

Una vez realizado esto, el software las playas que tienen cauces a menos de 500 metros, tal y como se muestra a continuación:



Un claro ejemplo de playa afectada por una avenida, fue la playa de la colonia, situada en Águilas en la desembocadura de un cauce. Véase en la imagen siguiente como la playa se sitúa justo en la desembocadura, con el consiguiente riesgo de inundación:

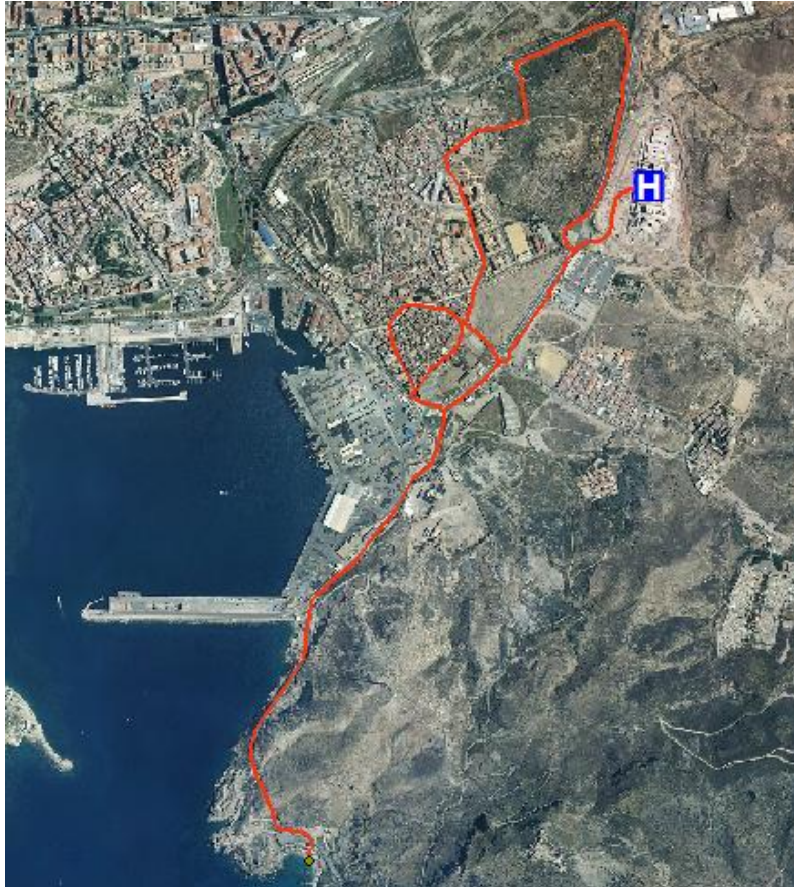


4.10 Cálculo de la ruta óptima para el transporte de accidentados desde playas a hospitales

Se pretende calcular la ruta por la que tendría que desplazarse una ambulancia desde una playa hasta el hospital más cercano, con el fin de elegir el camino más corto, y ahorrar tiempo muy valioso para tratar al enfermo.

Para este análisis, se utiliza la capa de zonas de baño, y puesto que no se dispone de la capa de hospitales ni de la de carreteras, se ha supuesto un caso en la playa de Cala Cortina, donde hay que trasladar un enfermo hasta el hospital de Santa Lucía.

Para ello, se han digitalizado algunas carreteras de manera que se pueda comprender el ejemplo. La imagen se muestra a continuación:



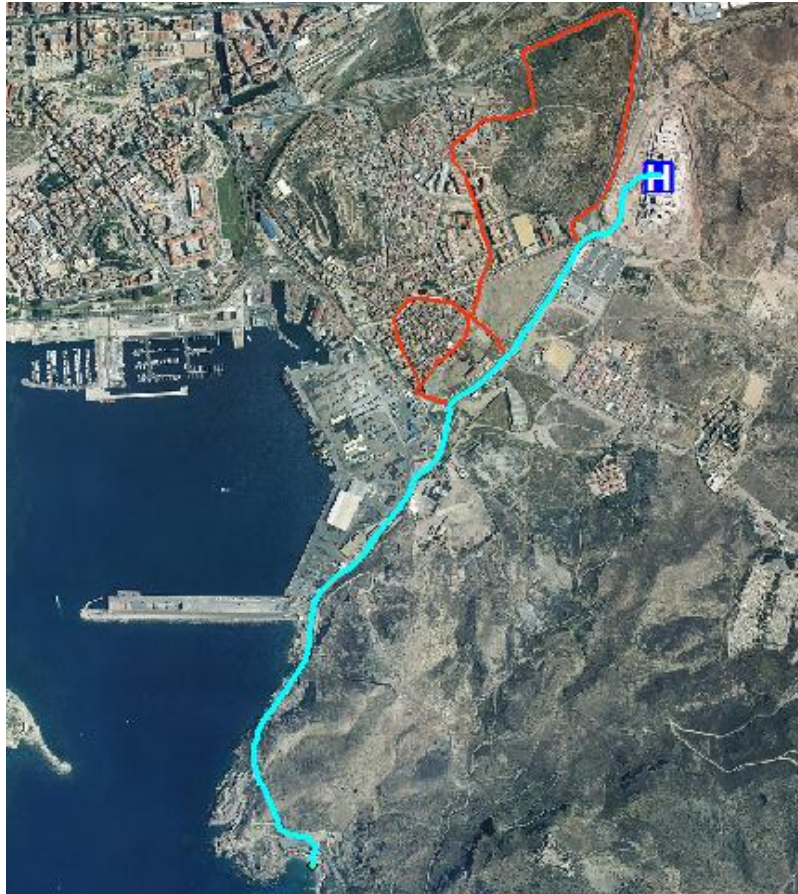
Como se explicó en el caso anterior del cálculo de la ruta óptima para el transporte de agua hasta las playas, la ruta óptima no solo se reduce a calcular la ruta más corta, ya que esta puede tener menor recorrido, sin embargo puede conllevar más tiempo al existir semáforos, límites de velocidad más pequeños, etc.

Para el análisis que se va a llevar a cabo, no se van a tener en cuenta las restricciones anteriores, pues se dificultaría en gran medida el análisis y lo que se pretende es ejemplificar algo de la manera más sencilla posible, con lo que el análisis se centrará en calcular la ruta más corta desde la playa hasta el hospital.

Para realizar el análisis, se utiliza la extensión de ArcGis llamada Network Analyst, a la cual hay que especificar el punto de partida (playa de Cala Cortina), y el punto de llegada (Hospital Santa Lucía), además de la capa donde se encuentran las carreteras.



Una vez especificados los parámetros, el software calcula la ruta óptima y la muestra, como se puede observar a continuación:



Quizás en la imagen superior puede ser evidente a simple vista cual es el recorrido más corto, sin embargo, cuando la red de carreteras es mucho más densa, el análisis se complica de manera que no se puede hacer a simple vista, y hace falta realizar el análisis con herramientas como esta.



5. FUTURO DEL PROYECTO

Cada día es más común el uso de aplicaciones informáticas online, que permiten al usuario poder trabajar sin la necesidad de tener instalada en su propio equipo una determinada aplicación.

En el caso de AGUACARM, está previsto que en un futuro se implemente un visor en la web, que permita visualizar las capas de información y también permita la descarga de esa información de manera gratuita.

El hecho de querer implementar en la web AGUCARM, viene condicionado a que en la actualidad no existe ningún visor que permita obtener información acerca del agua de la Región de Murcia, de la manera tan completa que lo hace AGUACARM.

Para implementar AGUACARM en la web, se usará el software ArcGis Server, perteneciente a ESRI.

ArcGis Server es el software que permite crear administrar y distribuir los SIG en la Web para soportar aplicaciones de mapeo en escritorio, móviles y web.

Para crear un sistema de información geográfica se usa ArcGis Desktop, y después, para publicar esa información se utiliza ArcGis Server, que permite usar el SIG en distintos departamentos de una empresa o en la propia web.

ArcGis Server simplifica el acceso a los servicios SIG a profesionales, trabajadores móviles, así como principiantes sin ninguna experiencia. El software permite tener el control del contenido a través de una gestión centralizada de los datos espaciales, incluyendo imágenes.

Además, ArcGis Server provee de una plataforma SIG escalable que se puede implementar en un solo equipo para apoyar a pequeños grupos de trabajo, o



puede distribuirlos entre varios servidores para soportar aplicaciones empresariales.

Este proyecto futuro del que solo se comentan algunas líneas básicas, permitirá a los habitantes de la Región de Murcia, conocer de primera mano el agua en la región, un tema tan discutido en los últimos años.

En cuanto a los objetivos personales que implica este proyecto futuro, se encuentra de nuevo, familiarizarse más profundamente con los SIG, y aprender el manejo del software ArcGis Server.



6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

En definitiva, el proyecto ha consistido en crear un sistema de información geográfica que recopilara toda la información del agua de la Región de Murcia, y cuando ha sido posible, de la cuenca del Segura.

El sistema de información geográfica se ha denominado AGUACARM, y en él se recogen capas de información referentes al agua, capas que bien han sido obtenidas de organismos, o han sido de elaboración propia.

La información recopilada ha tenido que ser ordenada de manera coherente, para poder agilizar el posterior trabajo de análisis, y dar sentido de unidad a una gran cantidad de información. Esta organización se ha conseguido mediante una geodatabase.

Además de las capas de información, se han obtenido archivos pdf con descripciones de los objetos de las capas, y en los casos que ha sido posible, se han establecido hipervínculos a la web de manera que se pudiera consultar información en tiempo real.

Se han realizado diez ejemplos de análisis relacionados con las capas generadas para el SIG AGUACARM, donde se han resuelto situaciones que podrían darse en la realidad, y que permiten dar a conocer la gran utilidad que presentan los Sistemas de Información geográfica.

El fin último de estos análisis, era ayudar en el proceso de toma de decisiones generando información a través de las capas que componen el SIG AGUACARM.

También se ha comentado durante el proyecto, que este proyecto pretende ser la base para un futuro proyecto en el que se incorpore el sistema de



información geográfica en la web de manera que se pueda visualizar la información online, e incluso descargar las capas de información.

Una de los problemas encontrados durante la ejecución del proyecto, es que en la actualidad, la información referente al tema del agua se encuentra diseminada a través de una gran cantidad de organismos, problema al que intenta hacer frente AGUACARM.

La conclusión que se obtiene, una vez finalizado el proyecto, es que ha sido una excelente experiencia para conocer de primera mano los Sistemas de Información Geográfica y su utilidad, mediante el tema del agua, tan propio de la carrera de ingeniería civil.

Además de haber comprendido el concepto y la utilidad de los SIG, se ha aprendido a utilizar el software ArcGis, uno de los más difundidos actualmente, y se han obtenido una serie de conocimientos y hábitos personales, referentes a la organización de la información, el trabajo, y el tiempo, que con toda seguridad serán de utilidad en un futuro durante la vida laboral.



7. BIBLIOGRAFÍA

- Documentación consultada:

- Apuntes de la asignatura Recursos Hídricos II, Universidad Politécnica de Cartagena, profesora Carmen Fernández López.

- Apuntes del curso de verano de la Universidad Politécnica de Cartagena “Sistemas de información geográfica y teledetección: aplicación a estudios medioambientales”, profesor Victoriano Martínez Álvarez.

- Apuntes de la asignatura Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica, Universidad Politécnica de Madrid, profesores Gabriel Dorado Martín, María Jesús García García y José Manuel Nicolás Zabala.

- Manual de consulta, edición y análisis espacial con ArcGis Tomo II, consejería de medio ambiente de la junta de Castilla y León. Autores José Luis Vicente González y Virginia Behm Chang.

- Páginas web visitadas:

- www.gabrielortiz.com

- www.esri.com

- www.chsegura.es

- www.ign.es

- www.igme.es

- www.aemet.es

- www.marm.es



-
- www.mct.es
 - www.carm.es
 - www.esamur.com
 - www.imida.es
 - www.youtube.es
 - www.google.es



8. ANEXO. FICHAS DE LAS CAPAS DE INFORMACIÓN

Nombre:	CHS_Canal_Taibilla
Fuente:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Tipo:	Polilínea
Recogida de datos:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Información:	Conjunto de polilíneas que definen la red de canales de la mancomunidad de los canales del Taibilla. En la tabla de atributos se recogen datos como la longitud, caudal, y nombre del tramo de canal. La capa se descargó de la página web de la confederación hidrográfica del Segura, y posteriormente se corrigió el tipo de datum, configurándolo como ED50.
LINK:	http://www.chsegura.es/chs/cuenca/resumendedatosbasicos/laminasymapas/

Nombre:	UPCT_Trasvase Tajo-Segura
Tipo:	Polilínea
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	WMS Confederación Hidrográfica del Segura (CHS) y Ortoimagen Natmur-08.
Información:	Conjunto de polilíneas que definen el canal Tajo-Segura. En la tabla de atributos se recogen datos como el nombre del tramo, la capacidad y la longitud. Esta capa se ha realizado mediante la digitalización de los canales a través de la Ortoimagen Natmur-08, y del servicio WMS de la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS).
LINK:	



Nombre:	CHS_Embales
Tipo:	Polígono
Fuente:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Recogida de datos:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Información:	Conjunto de Polígonos que delimitan los embalses de la cuenca del Segura. A la capa que existe en la web de CHS se le ha añadido nueva información. La tabla de atributos muestra información sobre coordenadas geográficas, nombres, capacidades, año de construcción, usos, superficies, cauces, y tipos de embalses.
LINK:	http://www.chsegura.es/chs/cuenca/resumendedatosbasicos/laminasymapas/

Nombre:	CHS_Acuíferos
Tipo:	Polígono
Fuente:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Recogida de datos:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Información:	Conjunto de polígonos que delimitan los 234 acuíferos de los que cuenta la Confederación Hidrográfica del Segura. En la Tabla de atributos aparecen datos como el nombre, el código asignado por la confederación, y la superficie.
LINK:	http://www.chsegura.es/chs/cuenca/resumendedatosbasicos/laminasymapas/



Nombre:	CHS_Unidades Hidrogeológicas
Tipo:	Polígono
Fuente:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Recogida de datos:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS) y Ministerio de medioambiente (MMA).
Información:	Conjunto de polígonos que delimitan las 57 unidades hidrogeológicas con las que cuenta la Confederación Hidrográfica del Segura. De las 57, 40 se ubican íntegramente dentro de la cuenca del Segura y las restantes 17 restantes se constituyen como intercuenas, por cuanto disponen de una parte de su superficie, situada en ámbito geográfico de las cuencas vecinas del Guadalquivir (7 de ellas), del Sur (3) o del Júcar (7) Por unidad hidrogeológica se entienden uno o varios acuíferos que se agrupan a efectos de conseguir una administración del agua racional y eficaz. La tabla de atributos muestra información como el código de unidad hidrogeológica, nombre, superficie, tipo de sobreexplotación, y tipo de salinización. La información acerca de la sobreexplotación y salinización se ha obtenido por medio de un shapefile del ministerio de medioambiente sobre unidades sobreexplotadas.
LINK:	http://www.chsegura.es/chs/cuenca/resumendedatosbasicos/laminasymapas/ http://servicios2.marm.es/sia/visualizacion/descargas/mapas.jsp

Nombre:	CHS_Municipios
Tipo:	Polígono
Fuente:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Recogida de datos:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Información:	Conjunto de polígonos que delimitan los municipios que conforman la confederación hidrográfica del Segura. En la tabla de atributos se pueden ver datos como el nombre y la superficie.
LINK:	http://www.chsegura.es/chs/cuenca/resumendedatosbasicos/laminasymapas/



Nombre:	CHS_Udas totales
Tipo:	Polígono
Fuente:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Recogida de datos:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Información:	Conjunto de polígonos que definen las unidades de demanda agraria totales de la cuenca del Segura
LINK:	http://www.chsegura.es/chs/cuenca/resumendedatosbasicos/laminasy mapas/

Nombre:	CHS_Udas irrigadas con canal Tajo-Segura
Tipo:	Polígono
Fuente:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Recogida de datos:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Información:	Conjunto de polígonos que definen las unidades de demanda agraria de la zona irrigada por el acueducto Tajo-Segura
LINK:	http://www.chsegura.es/chs/cuenca/resumendedatosbasicos/laminasy mapas/



Nombre:	CHS_Udas con recursos Propios
Tipo:	Polígono
Fuente:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Recogida de datos:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Información:	Conjunto de polígonos que definen las unidades de demanda agraria de la zona del Segura que disponen de recursos propios.
LINK:	http://www.chsegura.es/chs/cuenca/resumendedatosbasicos/laminasy mapas/

Nombre:	CHS_Cuenca del Segura
Tipo:	Polígono
Fuente:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Recogida de datos:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Información:	Conjunto de polígonos que define la cuenca del Segura.
LINK:	http://www.chsegura.es/chs/cuenca/resumendedatosbasicos/laminasy mapas/



Nombre:	CHS_Zonas de demarcación de la cuenca del Segura
Tipo:	Polígono
Fuente:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Recogida de datos:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Información:	Conjunto de polígonos que define las zonas de demarcación de la cuenca del Segura conforme a lo establecido en el artículo 71.12 del Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica (RAPAPH).
LINK:	http://www.chsegura.es/chs/cuenca/resumendedatosbasicos/laminasymapas/

Nombre:	CHS_Subzonas de demarcación de la cuenca del Segura
Tipo:	Polígono
Fuente:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Recogida de datos:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Información:	Conjunto de polígonos que define las subzonas de demarcación de la cuenca del Segura conforme a lo establecido en el artículo 71.12 del Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica (RAPAPH).
LINK:	http://www.chsegura.es/chs/cuenca/resumendedatosbasicos/laminasymapas/



Nombre:	UPCT_Cauces (ordenados por horton entre 1-7)
Tipo:	Polilínea
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Elaboración propia
Información:	Red de cauces de la Región de Murcia, ordenada según el orden de Horton entre 1 y 7. En la tabla de atributos aparecen datos como longitud del cauce, nombre, pendiente, cotas de inicio y final, densidad de drenaje, etc.
LINK:	

Nombre:	UPCT_Subcuencas (ligada a Cauces)
Tipo:	Polígono
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Elaboración propia
Información:	Conjunto de poligonos que delimitan las cuencas de cada uno de los cauces delimitados en la capa UPCT_Cauces (ordenados por Horton entre 1-7). En la tabla de atributos aparecen datos como el nombre, la superficie, perímetro, pendiente, etc.
LINK:	



Nombre:	UPCT_Cuencas endorreicas
Tipo:	Polígono
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Elaboración propia
Información:	Conjunto de poligonos que delimitan las cuencas endorreicas de la Región de Murcia, entendiendo por cuencas endorreicas, aquellas en las que el agua no tiene ninguna salida fluvial hacia el mar.
LINK:	

Nombre:	UPCT_Desaladoras
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Elaboración propia
Información:	Conjunto de puntos que muestran el conjunto de desaladoras situadas en la costa de la Región de Murcia.
LINK:	



Nombre:	MCT_Depósitos MCT
Tipo:	Punto
Fuente:	Mancomunidad de los canales del Taibilla
Recogida de datos:	Mancomunidad de los canales del Taibilla
Información:	Conjunto de puntos que muestran los depósitos de agua propiedad de la mancomunidad de canales del Taibilla situados sobre la cuenca del Segura
LINK:	

Nombre:	UPCT_Emisarios
Tipo:	Polilínea
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Elaboración propia
Información:	Conjunto de polilíneas que muestran los emisarios de aguas residuales de determinadas zonas de la Región de Murcia.
LINK:	



Nombre:	UPCT_Red_abastecimiento
Tipo:	Polilínea
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Elaboración propia
Información:	Conjunto de polilíneas que delimitan las distintas conducciones de la red de abastecimiento de la Región de Murcia.
LINK:	

Nombre:	UPCT_Conducciones
Tipo:	Polilínea
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Elaboración propia
Información:	Conjunto de polilíneas que delimitan conducciones de agua distintas a las de la capa UPCT_Red_abastecimiento, pero que también son de abastecimiento
LINK:	



Nombre:	UPCT_Colectores
Tipo:	Polilínea
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Elaboración propia
Información:	Conjunto de polilíneas que delimitan la red de colectores que discurre por la región de Murcia.
LINK:	

Nombre:	UPCT_Inventario de cauces 2009
Tipo:	Polilínea
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Elaboración propia
Información:	Conjunto de polilíneas que delimitan los cauces de la Región de Murcia inventariados en el año 2009.
LINK:	



Nombre:	UPCT_Inventario de cuencas 2009
Tipo:	Polígono
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Elaboración propia
Información:	Conjunto de polígonos que muestran las cuencas inventariadas de la Región de Murcia en el año 2009.
LINK:	

Nombre:	UPCT_Estaciones AEMET
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Agencia estatal de meteorología (AEMET)
Información:	Conjunto de estaciones meteorológicas con posibilidad de visualización de datos en tiempo real, en internet, de la agencia estatal de meteorología (AEMET).
LINK:	http://www.aemet.es/es/eltiempo/observacion/ultimosdatos?k=mur&w=0



Nombre:	UPCT_Aguas minerales naturales
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Instituto geológico y minero de España (IGME)
Información:	Conjunto de puntos de aguas minerales naturales, digitalizados a partir de datos del IGME. Estas aguas naturales, se definen según la reglamentación como aquellas bacteriológicamente sanas, que tengan su origen en un extracto o yacimiento subterráneo, o broten de un manantial en uno o varios puntos de alumbramiento, naturales o perforados.
LINK:	http://www.igme.es/internet/aguas_minerales/inventarios/murcia/index.htm

Nombre:	UPCT_Aprovechamientos hidroeléctricos
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Información:	En este shapefile se muestran los aprovechamientos hidroeléctricos situados en la cuenca del Segura, cuyas ubicaciones han sido extraídas de la memoria de confederación hidrográfica del Segura del año 2009. En la tabla de atributos se muestran datos como el nombre, cauce, potencia, salto, etc.
LINK:	http://www.chsegura.es/chs/informaciongeneral/elorganismo/memoriaanual/



Nombre:	UPCT_Tomas de los aprovechamientos hidroeléctricos
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Información:	En este shapefile se muestran la tomas de los aprovechamientos hidroeléctricos situados en la cuenca del Segura, cuyas ubicaciones han sido extraídas de la memoria de confederación hidrográfica del Segura del año 2009. En la tabla de atributos se muestran datos como el nombre, cauce, potencia, salto, etc.
LINK:	http://www.chsegura.es/chs/informaciongeneral/elorganismo/memoriaanual/

Nombre:	UPCT_Baños y balnearios de aguas frías
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Instituto geológico y minero de España (IGME)
Información:	Conjunto de puntos de baños y balnearios de aguas frías, digitalizados a partir de datos del IGME, de los cuales en la actualidad hay bastantes en desuso.
LINK:	http://www.igme.es/internet/aguas_minerales/inventarios/murcia/index.htm



Nombre:	UPCT_Baños y balnearios de aguas termales
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Instituto geológico y minero de España (IGME)
Información:	Conjunto de puntos de baños y balnearios de aguas calientes, digitalizados a partir de datos del IGME.
LINK:	http://www.igme.es/internet/aguas_minerales/inventarios/murcia/index.htm

Nombre:	UPCT_EDAR
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Entidad de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de la Región de Murcia (ESAMUR).
Información:	Se recogen las ubicaciones de las estaciones depuradoras de aguas residuales de la Región de Murcia, digitalizadas a partir de la información de la página web de ESAMUR.
LINK:	http://www.esamur.com/index.php?option=com_content&view=article&id=238&Itemid=33



Nombre:	UPCT_ Estaciones del IMIDA
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA).
Información:	Red de estaciones meteorológicas del Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario. La ubicación se ha digitalizado a través de información existente en la web del IMIDA.
LINK:	http://siam.imida.es/apex/f?p=101:1000:1916546179069854

Nombre:	UPCT_Plantas embotelladoras de agua
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Instituto geológico y minero de España (IGME)
Información:	Ubicaciones de las plantas embotelladoras de agua de la Región de Murcia. Las ubicaciones se han digitalizado a partir de información de la página web del IGME.
LINK:	http://www.igme.es/internet/AguasMinerales/murcia.htm



Nombre:	UPCT_Potabilizadoras
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Elaboración propia
Información:	Conjunto de estaciones de tratamiento de aguas potables pertenecientes a la Mancomunidad de los Canales del Taibilla (MCT).
LINK:	

Nombre:	UPCT_Puntos de aguas termales
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Instituto geológico y minero de España (IGME)
Información:	Conjunto de puntos que representan los sondeos realizados en la Región y que han sido caracterizados como puntos de aguas termales por el IGME. Según la normativa, las aguas termales, son aquellas cuya temperatura de surgencia es superior al menos en 4 ⁰ C a la temperatura media anual del lugar de alumbramiento.
LINK:	http://www.igme.es/internet/aguas_minerales/inventarios/murcia/index.htm



Nombre:	UPCT_Red de Control de Plaguicidas (RCP)
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Información:	Conjunto de puntos que señalan la ubicación de la red de control de plaguicidas (RCP). La red de plaguicidas tiene como finalidad dar cumplimiento a la Directiva 76/464/CEE, y está orientada a detectar la contaminación difusa procedente, principalmente, de actividades agrícolas.
LINK:	http://www.chsegura.es/chs/cuenca/redesdecontrol/calidadenaguassuperficiales/

Nombre:	UPCT_Red integrada de calidad de aguas (ICA)
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Información:	Conjunto de puntos que muestran las ubicaciones de la red de estaciones ICA (red integrada de calidad de aguas). Es la principal red de control de nuestro periódico de las aguas superficiales en la cuenca del Segura, tanto por número de puntos, como por la serie histórica disponible, que engloba a las antiguas redes de Control Oficial de la Calidad del Agua (red COCA) y de Control Oficial de Abastecimientos (red COAS).
LINK:	http://www.chsegura.es/chs/cuenca/redesdecontrol/calidadenaguassuperficiales/



Nombre:	UPCT_Red de control de sustancias peligrosas (RCSP)
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Información:	Conjunto de puntos que muestran las ubicaciones de la red de estaciones RCSP (red de control de sustancias peligrosas). Esta red está implantada para dar cumplimiento a la Directiva 60/2000/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, así como a la Directiva comunitaria 76/464/CEE y sus derivadas, que obligan a los Estados Miembros a establecer estaciones de vigilancia para el control de la contaminación causada en el medio acuático (agua, sedimentos y biota) por sustancias peligrosas aguas abajo de sus puntos de emisión.
LINK:	http://www.chsegura.es/chs/cuenca/redesdecontrol/calidadenaguassuperficiales/

Nombre:	UPCT_SAICA
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Información:	Conjunto de puntos que muestran las ubicaciones del sistema automático de información de calidad de las aguas (SAICA). Esta Red de Alerta tiene como objetivo el control continuado y en tiempo real de la calidad de las aguas continentales superficiales. Las estaciones de esta red están situadas estratégicamente en determinados tramos de ríos considerados como críticos por estar situados en zonas susceptibles de recibir vertidos o por la existencia de captaciones importantes destinadas al abastecimiento de poblaciones o ser zonas protegidas de interés. En ellas se analiza continuamente una serie de parámetros básicos representativos de la calidad de las aguas
LINK:	http://www.chsegura.es/chs/cuenca/redesdecontrol/SAICA/



Nombre:	UPCT_Salinas de interior
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Instituto geológico y minero de España (IGME)
Información:	Conjunto de puntos que muestran la ubicación de salinas de interior en la Región de Murcia. Los puntos han sido digitalizados a través de información de la web del IGME.
LINK:	http://www.igme.es/internet/aguas_minerales/inventarios/murcia/index.htm

Nombre:	UPCT_Umbral de escorrentía
Tipo:	Ráster
Fuente:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Recogida de datos:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Información:	Capa SIG del umbral de escorrentía (mm), en condiciones de humedad media del suelo, para el método racional modificado, obtenido a partir de los usos del suelo del CORINE LAND COVER 2000 y de acuerdo con la metodología expuesta en la Publicación “Análisis de nuevas fuentes de datos para la estimación del parámetro número de curva: perfiles de suelos y teledetección” Editado por el CEDEX 2003.
LINK:	http://www.marm.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/descargas/



Nombre:	MMA_Red oficial de estaciones de aforo en ríos
Tipo:	Punto
Fuente:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Recogida de datos:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Información:	Conjunto de puntos que delimitan la red oficial de estaciones de aforo situados en ríos de la cuenca del Segura.
LINK:	http://servicios2.marm.es/sia/visualizacion/descargas/mapas.jsp

Nombre:	MMA_Red oficial de estaciones de aforo en embalses
Tipo:	Punto
Fuente:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Recogida de datos:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Información:	Conjunto de puntos que delimitan la red oficial de estaciones de aforo situados en embalses de la cuenca del Segura.
LINK:	http://servicios2.marm.es/sia/visualizacion/descargas/mapas.jsp



Nombre:	MMA_Pluviómetros del boletín hidrológico
Tipo:	Punto
Fuente:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Recogida de datos:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Información:	Conjunto de puntos que muestran la ubicación de los dos pluviómetros del boletín hidrológico nacional que hay en la cuenca del Segura.
LINK:	http://servicios2.marm.es/sia/visualizacion/descargas/mapas.jsp

Nombre:	MMA_Estaciones SAIH
Tipo:	Punto
Fuente:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Recogida de datos:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Información:	Conjunto de puntos que muestran la ubicación de las estaciones de la red SAIH (Sistema Automático de Información Hidrológica) en la cuenca del Segura. El SAIH, está constituido por un conjunto de infraestructuras tecnológicas integradas, integradoras e integrables, cuyo objeto es la captación, transporte, tratamiento, distribución, archivo y custodia de información hidrológica, hidráulica y complementaria de toda la cuenca, en cualquier momento y circunstancia, normal o adversa, incluso a tiempo real y con control centralizado. Su finalidad es la mejora del conocimiento del comportamiento del ciclo hidrológico y de los fenómenos hidrometeorológicos.
LINK:	http://servicios2.marm.es/sia/visualizacion/descargas/mapas.jsp



Nombre:	MMA_Aguas de baño
Tipo:	Punto
Fuente:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Recogida de datos:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Información:	Conjunto de puntos que muestran la ubicación de los puntos de aguas que están catalogadas por el MMA, como aguas de baño. En la cuenca del Segura la mayoría son playas, a excepción del río alharabe a su paso por Moratalla.
LINK:	http://servicios2.marm.es/sia/visualizacion/descargas/mapas.jsp

Nombre:	MMA_Actuaciones de emergencia de sequia
Tipo:	Punto
Fuente:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Recogida de datos:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Información:	Conjunto de puntos que muestran las distintas actuaciones de emergencia llevadas a cabo para paliar efectos de la sequía en la cuenca del río Segura.
LINK:	http://servicios2.marm.es/sia/visualizacion/descargas/mapas.jsp



Nombre:	MMA_Actuaciones
Tipo:	Punto
Fuente:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Recogida de datos:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Información:	Conjunto de puntos que muestran las distintas actuaciones en materia de infraestructuras hídricas llevadas a cabo sobre la cuenca del Segura.
LINK:	http://servicios2.marm.es/sia/visualizacion/descargas/mapas.jsp

Nombre:	MMA_Nucleos de población
Tipo:	Polígono
Fuente:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Recogida de datos:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Información:	Conjunto de polígonos que delimitan las distintas poblaciones ubicadas dentro de la cuenca del Segura.
LINK:	http://servicios2.marm.es/sia/visualizacion/descargas/mapas.jsp



Nombre:	MMA_Aguas costeras
Tipo:	Polígono
Fuente:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Recogida de datos:	Ministerio de medioambiente (MMA)
Información:	Conjunto de polígonos que delimitan las demarcaciones con las que se ordenan y gestionan las aguas costeras.
LINK:	http://servicios2.marm.es/sia/visualizacion/descargas/mapas.jsp

Nombre:	UPCT_Radar meteorológico
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	WMS Atlas del agua (IMIDA) y Ortoimagen Natmur-08.
Información:	Capa que representa el único radar meteorológico situado en territorio murciano, y que se encuentra ubicado en la sierra de la Muela. Los datos del radar se pueden consultar a través de la página web de AEMET.
LINK:	http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp



Nombre:	UPCT_Playas bandera azul 2011
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Asociación de educación ambiental y del consumidor (ADEAC-FEE)
Información:	Conjunto de puntos que delimitan las playas con calificación de bandera azul. La presencia de una Bandera Azul en una playa reconoce y estimula el esfuerzo de algunas comunidades locales por conseguir que dicha playa cumpla determinados criterios de legalidad, accesibilidad, sanidad, limpieza y seguridad, así como, cuenta con una información y gestión ambiental adecuadas. La campaña Bandera Azul se desarrolla anualmente en más de 40 estados de cinco continentes, incluyendo la práctica totalidad de estados de la UE “ampliada”, de forma independiente, voluntaria y con la participación de más de 2000 municipios litorales.
LINK:	

Nombre:	UPCT_Estaciones de impulsión MCT
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Mancomunidad de los canales del Taibilla
Información:	Conjunto de puntos que marcan la posición de las 6 grandes estaciones de impulsión con las que cuenta la mancomunidad de los canales del Taibilla, repartidas sobre la cuenca del Segura.
LINK:	



Nombre:	UPCT_Estaciones de impulsión canal Tajo-Segura
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)
Información:	Puntos que delimitan la posición de las tres estaciones de impulsión con las que cuenta el postrasvase Tajo-Segura, estaciones necesarias para dotar al canal de la cota suficiente para llevar el agua hasta las zonas abastecidas
LINK:	

Nombre:	UPCT_Municipios MCT
Tipo:	Polígono
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Mancomunidad de los canales del Taibilla
Información:	Polígonos que delimitan los municipios que son abastecidos por la mancomunidad de canales del Taibilla, y que pertenecen a las comunidades de Valencia, Castilla la Mancha, Murcia y Almería.
LINK:	



Nombre:	UPCT_Puertos deportivos
Tipo:	Punto
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Comunidad autónoma de la Región de Murcia (Consejería de obras públicas)
Información:	Puntos que muestran los puertos deportivos situados en la costa de la Región de Murcia. A cada punto está asociado un archivo PDF con información acerca del puerto, como calado, servicios, telf., etc.
LINK:	

Nombre:	UPCT_Salinas litorales
Tipo:	Polígono
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Instituto geológico y minero de España (IGME)
Información:	Polígonos que delimitan las salinas litorales de la costa de la Región de Murcia, realizados a partir de digitalización en pantalla gracias a la información recopilada del IGME
LINK:	http://www.igme.es/internet/aguas_minerales/inventarios/murcia/index.htm



Nombre:	UPCT_Perímetros de riego CR
Tipo:	Poligono
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Elaboración propia
Información:	Polígonos que delimitan los perímetros de regadío gestionados por cada una de las comunidades de regantes de la Región de Murcia
LINK:	

Nombre:	CARM_Contaminación por nitratos
Tipo:	Polígono
Fuente:	Comunidad autónoma de la Región de Murcia
Recogida de datos:	Comunidad autónoma de la Región de Murcia
Información:	Zonas vulnerables a la contaminación por nitratos, de acuerdo con la aplicación de la Directiva 91/676/CEE, de 12 de diciembre, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura
LINK:	ftp://meristemum.carm.es/descargas/area_sometidas_a_regulacion/Normativaambiental/NITRATOS_SHP.zip



Nombre:	UPCT_Comunidades CHS
Tipo:	Polígono
Fuente:	Elaboración propia
Recogida de datos:	Elaboración propia
Información:	Conjunto de polígonos que muestran las cuatro comunidades autónomas (Castilla-La Mancha, Andalucía, Murcia y Valencia) que forman parte de la cuenca del río Segura.
LINK:	

Nombre:	PC_Zonas_de_inundación_NP_T_500
Tipo:	Polígono
Fuente:	Protección Civil
Recogida de datos:	Protección Civil
Información:	Conjunto de polígonos, que muestran las zonas inundables para un periodo de retorno de 500 años, en núcleos de población, pudiendo estar situados estos en cuencas laminadas o no laminadas.
LINK:	



Nombre:	PC_Zonas_de_inundación_CL_T_100
Tipo:	Polígono
Fuente:	Protección Civil
Recogida de datos:	Protección Civil
Información:	Conjunto de polígonos, que muestran las zonas inundables para un periodo de retorno de 100 años en cuencas laminadas, entendiendo como tal, aquellas que poseen embalses capaces de laminar avenidas.
LINK:	

Nombre:	PC_Zonas_de_inundación_CL_T_50
Tipo:	Polígono
Fuente:	Protección Civil
Recogida de datos:	Protección Civil
Información:	Conjunto de polígonos, que muestran las zonas inundables para un periodo de retorno de 50 años en cuencas laminadas, entendiendo como tal, aquellas que poseen embalses capaces de laminar avenidas.
LINK:	



Nombre:	PC_Zonas_de_inundación_CL_T_500
Tipo:	Polígono
Fuente:	Protección Civil
Recogida de datos:	Protección Civil
Información:	Conjunto de polígonos, que muestran las zonas inundables para un periodo de retorno de 500 años en cuencas laminadas, entendiendo como tal, aquellas que poseen embalses capaces de laminar avenidas.
LINK:	

Nombre:	PC_Zonas_de_inundación_NP_T_50
Tipo:	Polígono
Fuente:	Protección Civil
Recogida de datos:	Protección Civil
Información:	Conjunto de polígonos, que muestran las zonas inundables para un periodo de retorno de 50 años, en núcleos de población, pudiendo estar situados estos en cuencas laminadas o no laminadas.
LINK:	



Nombre:	PC_Zonas_de_inundación_NP_T_100
Tipo:	Polígono
Fuente:	Protección Civil
Recogida de datos:	Protección Civil
Información:	Conjunto de polígonos, que muestran las zonas inundables para un periodo de retorno de 100 años, en núcleos de población, pudiendo estar situados estos en cuencas laminadas o no laminadas.
LINK:	