



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola Politècnica Superior d'Edificació
de Barcelona

Grado en Ingeniería en Geoinformación y Geomática TRABAJO DE FIN DE GRADO

Representación Cartográfica de datos 3D. Caso práctico.

Proyectista: Patricia Isabel Fernández Gutiérrez.

Director/es: Mercedes Sanz/ Juan Carlos González.

Convocatoria: octubre 2019

1 RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo principal poder representar datos 3D en un visor cartográfico, estos datos se encuentran geográficamente referenciados.

El proyecto consta de dos partes, la primera trata del tratamiento de los datos lidar y la segunda el desarrollo de un visor.

Para finalizar haremos un análisis con las conclusiones del proyecto.

ÍNDICE

1 RESUMEN..... 1

2 INTRODUCCIÓN 3

3 CONCEPTOS BÁSICOS 4

 3.1 LIDAR..... 4

 3.1.1 ¿Que son los datos lidar? 4

 3.1.2 ¿Cuáles son los atributos del punto lidar?..... 5

 3.1.3 ¿Para qué se utiliza la tecnología lidar? 6

 3.2 Cartografía..... 6

 3.3 Sistemas de información Geográfica (SIG)..... 7

 3.3.1 Tipos de SIG 8

 3.3.2 Área de actuación actual de los SIG 9

 3.3.3 Aplicaciones de los SIG 9

 3.4 Software..... 10

 3.4.1 ArcGIS 10

 3.4.2 Openlayer 11

 3.4.3 JavaScript 11

 3.4.4 Css 11

 3.4.5 Html 11

4 ANÁLISIS 12

 4.1 Tratamiento de datos lidar 12

 4.2 Visor 15

 4.2.1 Diseño 15

 4.3 Interacción entre los datos lidar y el visor..... 23

5 CONCLUSIONES / RECOMENDACIONES 24

6 BIBLIOGRAFÍA 25

7 AGRADECIMIENTOS 27

8 ANEXO..... 28

 8.1 Traducción..... 28

2 INTRODUCCIÓN



El siguiente trabajo final de grado llamado representación Cartográfica de Datos 3D, caso práctico, Es un trabajo que se basa en el área de los SIG y la Geoinformación, se trata de crear un visor de datos lidar.

En la actualidad toda la información cartográfica mundial ya se puede obtener, procesar y trabajar de manera casi inmediata, sin embargo, los datos lidar son complicados de obtener, no existen actualizaciones del territorio en periodos cortos de tiempo, un ejemplo de ello es el instituto Cartográfico de Cataluña (ICGC) tiene dos coberturas:

La primera cobertura del año 2008 al 2011 y la segunda cobertura del 2016 y 2017, con esta última se ha llevado a cabo el proyecto.

Para dar visibilidad a estos datos se ha creado el visor.

Para el diseño del visor se ha utilizado los lenguajes de programación de JavaScript y HTML; para el procesado de datos lidar la interfaz de ArcGIS PRO, lo principal es crear un Openlayer, que es un mapa dinámico que funciona en cualquier página web donde se pueden apreciar mosaicos de mapas, datos vectoriales, datos raster, etc.

Todo ello para poder comercializarlo de manera Open Source y que se pueda ir nutriendo y enriqueciendo con aportaciones de otros usuarios.

3 CONCEPTOS BÁSICOS

Para que el proyecto se entienda con facilidad se realiza una breve introducción a conceptos que son básicos:

3.1 LIDAR

3.1.1 ¿Que son los datos lidar?

Lidar (light detection and ranging) es una técnica de teledetección óptica que utiliza la luz de láser para obtener una muestra densa de la superficie de la Tierra, produciendo mediciones en X, Y y Z. Se utiliza principalmente en aplicaciones de representación cartográfica láser aéreo, surge como alternativa rentable para las técnicas de topografía tradicionales. Produce datasets de nube de puntos masivos que se pueden administrar, visualizar, analizar y compartir usando ArcGIS.

Se usa para recolectar la información avión, helicóptero, vehículo o trípode, para la toma de datos un láser escáner, GPS (Sistema de posicionamiento global) e INS (sistema de navegación inercial). Estos últimos miden la rotación, inclinación y encabezamiento del sistema lidar.

“Lidar es un sensor óptico activo que transmite rayos láser hacia un objetivo mientras se mueve a través de rutas de topografía específicas. El reflejo del láser del objetivo lo detectan y analizan los receptores en el sensor lidar. Estos receptores registran el tiempo preciso desde que el pulso láser dejó el sistema hasta cuando regresó para calcular la distancia límite entre el sensor y el objetivo. Combinado con la información posicional (GPS e INS), estas medidas de distancia se transforman en medidas de puntos tridimensionales reales del objetivo reflector en el espacio del objeto.

Los datos de punto se procesan posteriormente después de que la recopilación de datos lidar se reconocen dentro de las coordenadas X, Y, Z georreferenciadas con alta precisión al analizar el rango de tiempo láser, ángulo de escaneo láser, posición del GPS e información del INS.” (USGS, 2016)

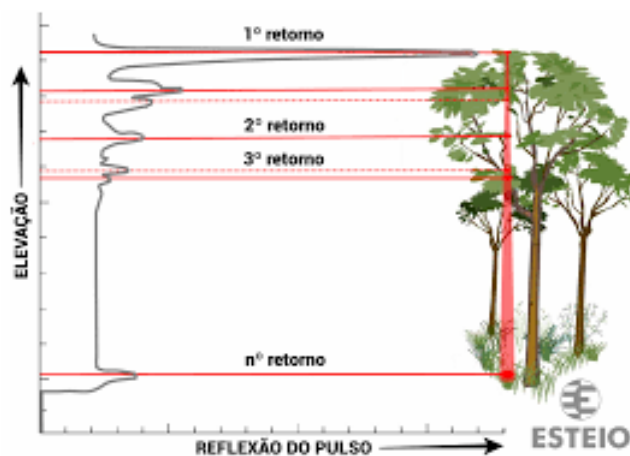


FIGURA 1

(Servicio Geológico de los EEUU)



FIGURA 2

(AGRESTA, 2017)

3.1.2 ¿Cuáles son los atributos del punto lidar?

La información adicional se almacena junto con cada valor posicional x, y, y z. Los siguientes atributos del punto lidar se mantienen para cada pulso láser registrado: intensidad, número de devolución, cantidad de devoluciones, valores de clasificación de punto, puntos que están en el borde de la línea de vuelo, valores RGB (rojo, verde y azul), tiempo del GPS, ángulo de escaneo y dirección de escaneo. La siguiente tabla describe los atributos que se pueden proporcionar con cada punto lidar.

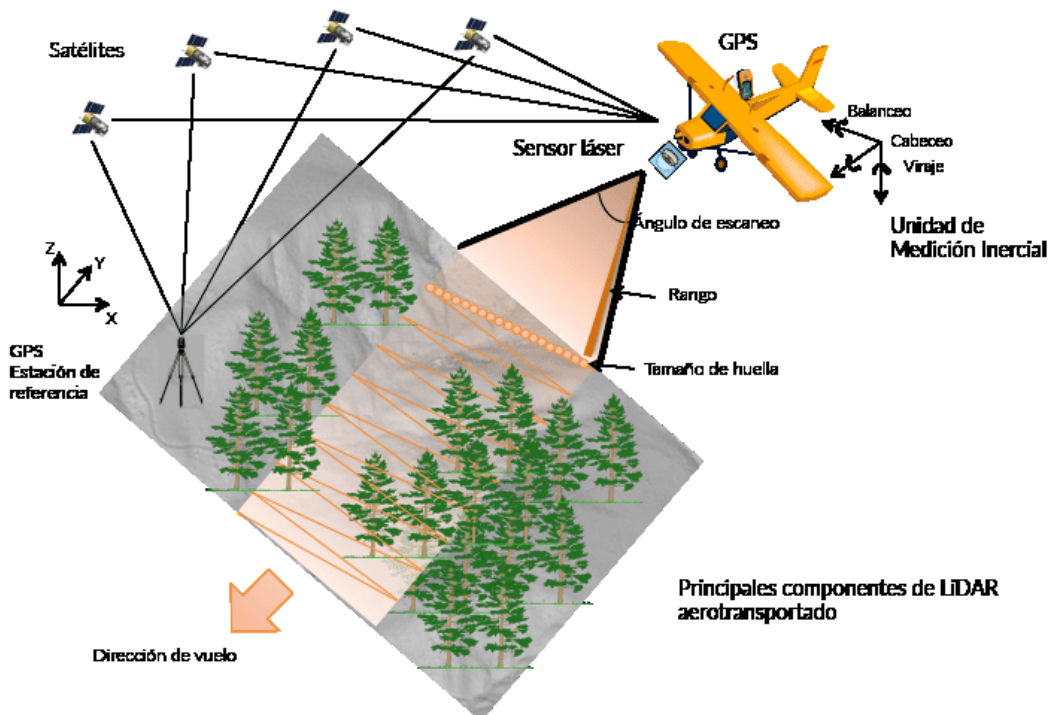


FIGURA 3

(Angeles, Gregorio, 2015)

3.1.3 ¿Para qué se utiliza la tecnología lidar?

La tecnología lidar permite obtener mapas en tres dimensiones con resoluciones casi precisas, de esta manera podemos obtener cartografía detallada en cuestión de minutos, con una toma en masa de los datos, de manera aerotransportada (ALS), consta de dos movimientos: la trayectoria del avión representa el movimiento longitudinal y el del espejo donde la luz rebota es el movimiento transversal, de esta manera podremos obtener superficies amplias y detalladas en cuestión de minutos, todo ello acompañado de la tecnología GPS.



FIGURA 4

(AGRESTA, 2017)

3.2 Cartografía

Según la RAE Cartografía es el arte de trazar mapas geográficos y en su siguiente acepción es la ciencia que estudia los mapas.

La cartografía actualmente no solo dibuja mapas, además es uno de los instrumentos más impredecibles de la administración, gestión, desarrollo económico y social de cualquier territorio. Con la llegada de las nuevas tecnologías, la cartografía ha evolucionado de tal manera que actualmente ha pasado a formar parte de nuestra cultura, es totalmente necesaria para los humanos, nos da una continua información territorial y gracias a ella conocemos datos como por ejemplo los recursos, conflictos, turismo, medio ambiente, contaminación, historia, desarrollo, etc.

Nuestra civilización actualmente es visual, es por ello que cada vez más los mapas y documentos cartográficos toman mayor importancia.

La evolución de la cartografía, viene dada a que se asocia con otras ciencias que permiten enriquecerla como la topografía, las matemáticas, la física, la geometría, la estadística, el diseño, la astronomía, la navegación, el urbanismo, etc. Y además hemos implementado la informática para acabar de evolucionar esta ciencia y llevarla a unos niveles revolucionarios.

3.3 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

En el año 1962 se diseña en Canadá, el primer Sistema de Información Geográfica, el cual se aplicó a la gestión de recursos naturales, pero la evolución se produce en la década de los 80 cuando se fusiona con el diseño CAD.

Se entiende como Sistema de Información Geográfica al conjunto formado por cierta información y las herramientas informáticas necesaria para su análisis. Es por ello que podemos decir que dicho sistema es un sistema informático diseñado para trabajar con información geográfica.

“La definición oficial de los Sistema de Información Geográfica es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información.” (CIESAS)

Los SIG son bases de datos con información geográfica y 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 registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.



FIGURA 5

(Ena.Blogspot, s.f.)

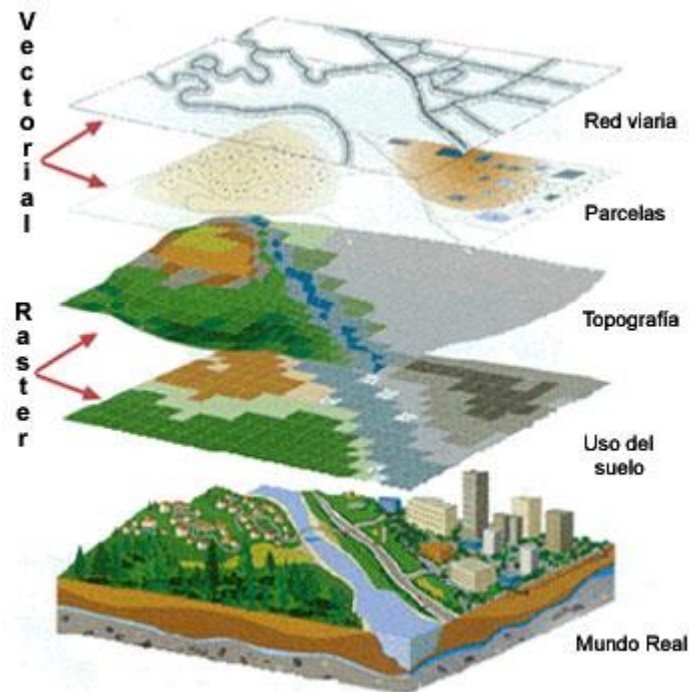


FIGURA 6

(Concurso.cnice.mec)

3.3.1 Tipos de SIG

Los Sistemas de Información Geográfica se pueden clasificar en dos grupos principales:

3.3.1.1 SIG Vectoriales:

Son Sistemas de Información Geográfica que utilizan vectores para la descripción de los objetos geográficos. Los formatos de archivos y las herramientas que incorporan son parecidos a los programas de CAD.

3.3.1.2 SIG Ráster:

“Los Sistemas de Información ráster basan su funcionalidad en los formatos gráficos de mapas de bits. Su forma de proceder es dividir el espacio en una retícula o matriz regular de pequeñas celdas (a las que se denomina píxeles) y atribuir un valor numérico a cada celda como representación de su valor temático.

Una imagen de teledetección es un ejemplo de formato ráster. Dado que la matriz es regular (el tamaño del píxel es constante) y que conocemos la posición en coordenadas del centro de una de las celdas, se puede decir que todos los píxeles están georreferenciados.

ArcGIS permiten convertir formatos ráster en archivos vectoriales y viceversa. Los SIG más potentes permiten combinar capas de ambos tipos: vectoriales y ráster”. (Instituto forestal Nacional de Paraguay)

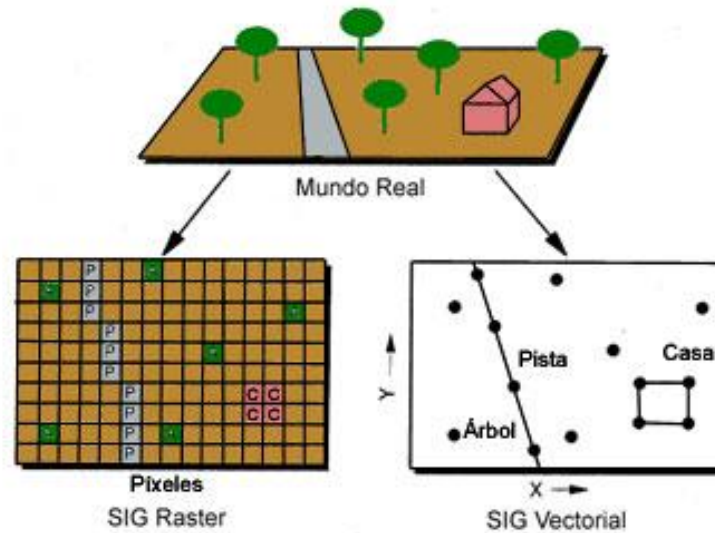


FIGURA 7

(Concurso.cnice.mec)

3.3.2 Área de actuación actual de los SIG

Ingeniería civil: trazado de vías, presas y embalses.

Estudios medioambientales.

Estudios socioeconómicos y demográficos.

Planificación de líneas de comunicación.

Ordenación del territorio.

Estudios geológicos y geofísicos.

Prospección y explotación de minas, entre otros.

Internet y el World Wide Web están promoviendo la adopción de estándares unificados (como el Open Gis) para los datos geográficos para propiciar su intercambio.

3.3.3 Aplicaciones de los SIG

La mayor utilidad de un SIG, está íntimamente relacionada con la capacidad de visualizar datos de forma gráfica y de construir modelos o representaciones del mundo real, a partir de integrar y combinar datos de diversa naturaleza dentro de un marco territorial.

Estos modelos, son muy útiles para la simulación de los efectos que produce sobre un determinado territorio, un proceso natural o una acción humana.

Los SIG contribuyen al análisis y aportan soluciones para un amplio rango de necesidades, como, por ejemplo:

- *Producción y actualización de la cartografía básica.*
- *Administración de servicios públicos (suministro de agua, energía, comunicaciones, saneamiento, entre otros).*
- *Regulación del uso del suelo.*
- *Catastro.*
- *Atención de emergencias: incendios, terremotos, accidentes de tránsito, etc.*
- *Estratificación socioeconómica.*
- *Gestión medioambiental: saneamiento básico ambiental y mejora de las condiciones ambientales.*
- *Evaluación de áreas de riesgos (prevención y atención de desastres).*
- *Localización óptima de las infraestructuras y equipamientos sociales.*
- *Diseño y mantenimiento de la red viaria.*
- *Formulación y evaluación de planes de desarrollo social y económico.* (Instituto forestal Nacional de Paraguay, s.f.)

3.4 Software

3.4.1 ArcGIS

ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica.

El sistema ArcGIS hace posible que información geográfica autorizada creada por la comunidad SIG pueda ser aprovechada fácilmente y de forma gratuita por cualquier persona que lo desee (y con quien a su vez desee compartirla). Este sistema incluye software, una infraestructura on-line basada en la nube, herramientas profesionales, recursos configurables como plantillas de aplicación, mapas base listos para utilizar y contenido propio compartido por la comunidad de usuarios. La compatibilidad con las plataformas de servidor y de la nube posibilita la colaboración y el uso compartido, lo que garantiza que la información vital para la planificación y la toma de decisiones está disponible de inmediato para cualquiera.



FIGURA 8

(Esri, s.f.)

3.4.2 Openlayer

OpenLayers permite poner un mapa dinámico en cualquier página web, se trata de una biblioteca gigante de mapas que puede mostrar mosaicos de mapas, datos vectoriales y marcadores cargados desde cualquier fuente.

3.4.3 JavaScript

Lo desarrolló Brendan Eich de Netscape con el nombre de Mocha, posteriormente tras 2 cambios de nombre más finalmente deciden llamar al lenguaje de programación JavaScript.

Este lenguaje de programación orientado a entornos web permite llevar a cabo acciones simples desde una suma como acciones complejas por ejemplo contenidos dinámicos, mapas, imágenes, animaciones 3d, animaciones 2d, etc. Forma parte de los estándares de tecnologías web junto a HTML y CSS.

3.4.4 Css

El Cascading Style Sheets, no se trata de un lenguaje de programación propiamente dicho, es más una hoja de estilos que nos permite estructurar y crear un documento web.

3.4.5 Html

El HyperText Markup (lenguaje de Marcas Híper Texto), no solo sirve para organizar toda la información de una página web, también crea etiquetas (Tags), las cuales nos ayudan a hacer búsquedas rápidas a través de Google, Yahoo, Opera, etc.

La estructura básica de HTML es la siguiente:



FIGURA 9

(Akus, 2019)

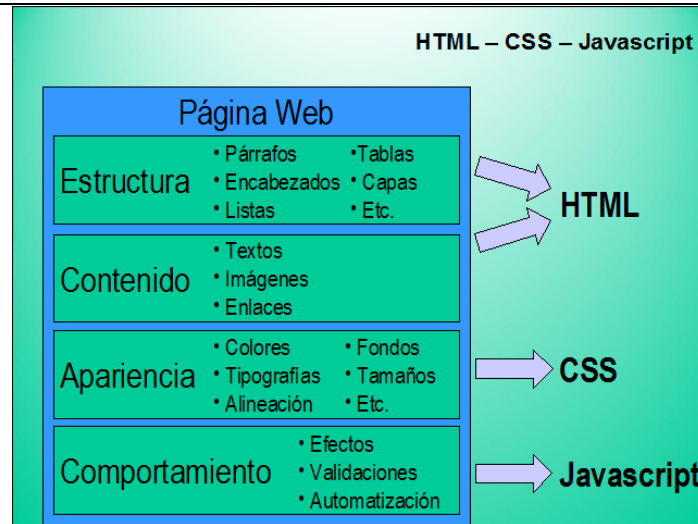


FIGURA 10

(Turmero, s.f.)

4 ANÁLISIS

El proyecto se divide en dos partes muy diferenciadas entre sí, por una parte, se desarrolla un visor con JAVASCRIPT Y HTML; y por otra parte se trabaja con el tratamiento de datos LIDAR.

4.1 Tratamiento de datos lidar

En esta primera parte se procederá a trabajar con los datos descargados de la página web del Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña, de la siguiente manera:

En la web del ICGC hay una pestaña que indica la descarga de la segunda cobertura es ahí donde se descarga la información más actualizada (2016-2017) de los datos lidar de Cataluña.

FIGURA 11



FIGURA 11

(ICGC)

A continuación, se muestra un mapa que tiene un recuadro verde que le permite moverse por todo el territorio, esa ventana contiene el área máxima de descarga a continuación se procederá a descargar las hojas 428578 y 430578 que corresponden al área de trabajo del proyecto.



FIGURA 12

(ICGC)

Los datos descargados se encuentran en formato LAZ, este tipo de formato es un formato binario de compresión de los ficheros LAS y se usa para el tratamiento de datos lidar, para descomprimir estos ficheros existen muchas formas.

Para desarrollar este proyecto se ha trabajado con las herramientas de ArcGIS PRO, y se necesitan las herramientas LASzip.zip, que en este caso se han descargado desde la siguiente web: <http://www.cs.unc.edu/~isenburg/lastools/download/>, para agregarlas a ArcGIS PRO.

Con el programa ArcGIS PRO, una vez descargados los datos procederemos a crear una geodatabase. Para Introducir los datos (. LAS) no se llaman directamente, sino a través de un dataset, que es un depósito donde se almacenan las capas (LAS), crearemos una New LAS dataset; Se crea clicando sobre la geodatabase (botón derecho) como se muestra en la FIGURA 13

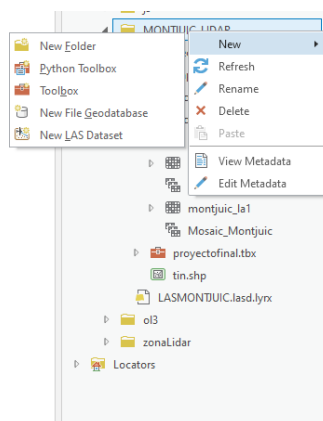


FIGURA 13

(Propia, 2019)

A continuación, procederemos a crear un dataset de mosaico, que permite almacenar y observar colecciones de ráster y datos de imagen, “es básicamente un modelo de datos dentro de la geodatabase” (Esri); de esta forma podremos visualizar el área lidar que la hemos llamado Montjuïc en este proyecto.

El dataset mosaico mostrará una imagen en blanco y negro, se tendrá que editar la simbología, para ello haremos un clic derecho sobre el contenido imagen, a continuación buscamos la opción SYMBOLOGY, en la zona de la izquierda nos aparecerá un recuadro donde se podrá editar la simbología, elegiremos la opción CLASSIFY, editaremos el método QUANTILE, esta clasificación distribuye un conjunto de valores en grupos que contienen un número de igual valor, los valores de los atributos se suman y luego se dividen en el número predeterminado de clases. (Bratt, 2012)

El resultado de la visualización de los datos lidar será el siguiente: FIGURA 14

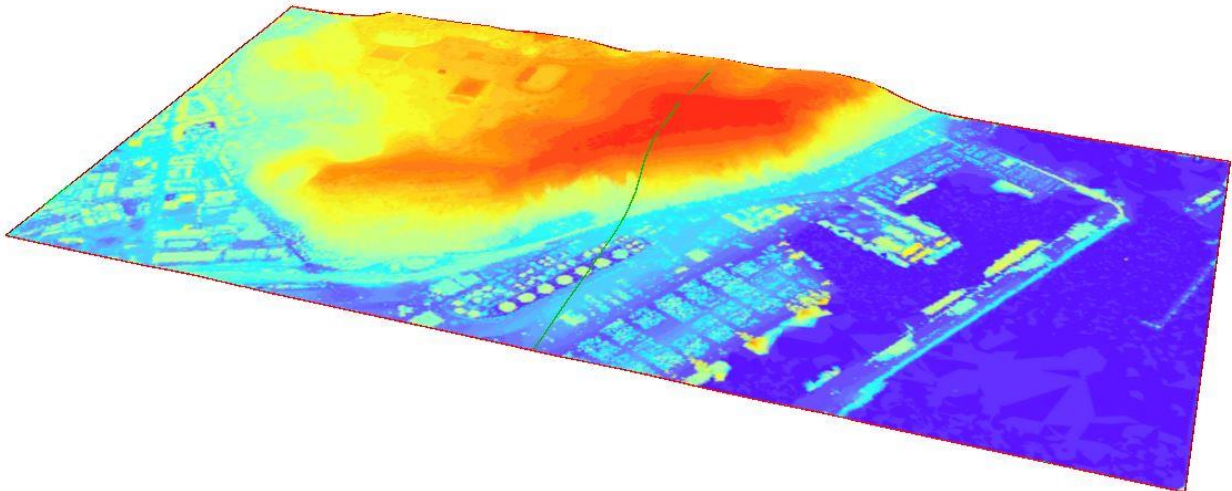


FIGURA 14

(Propia, 2019)

4.2 Visor

Como se comentaba al principio, este proyecto tiene dos partes, la segunda parte es el visor, el cual será la plataforma donde observaremos los datos.

4.2.1 Diseño

La hoja del visualizador se inicia llamando al documento de la siguiente manera:

<!DOCTYPE HTML>, seguido de <html> con esto conseguimos abrir la hoja, en la tercera línea le diremos el tipo de documento que es, otro aspecto importante es el conocer que significa UTF-8; se trata de una codificación de caracteres que puede ser tan compacta como ASCII (que solo contiene contenido en inglés), puede contener caracteres Unicode (con un aumento en el tamaño del archivo). UTF significa formato de transformación Unicode y el 8 son los bloques bits.

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<meta http-equiv="content-type" content="text/html; charset=UTF-8" />
```

Código 1

(Propia, 2019)

4.2.1.1 Cabecero (<head>)

El cabecero del proyecto nos permite dar la información técnica del visualizador, por ejemplo, la ubicación de las librerías, tanto si están guardadas de manera local o si se llaman a través de una URL.

Openlayers nos proporciona herramientas o funciones como el zoom, la posición, el tamaño, los bordes, los textos, los atributos, etc., es una de las librerías Open Source más completa que existe actualmente para el desarrollo de herramientas SIG de tipo Web. Código 2

```
<head>
<meta charset="UTF-8">
<meta http-equiv="content-type" content="text/html">
<script src="http://openlayers.org/en/v5.0.3/build/ol.js"></script>
<script src="js/dist/ol-ext.min.js"></script>
<script src="https://unpkg.com/ol-layerswitcher@3.3.0"></script>
<link rel="stylesheet" href="css/styles.css" type="text/css">
<link rel="stylesheet" href="http://openlayers.org/en/v5.0.3/css/ol.css" type="text/css">
<link rel="stylesheet" href="https://cdn.rawgit.com/openlayers/openlayers.github.io/master/en/v5.0.3/css/ol.css" type="text/css">
<link rel="stylesheet" href="js/dist/ol-ext.min.css" />
<link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/ol-layerswitcher@3.3.0/src/ol-layerswitcher.css" />
<title>VISUALIZADOR</title>
</head>
```

Código 2

(Propia, 2019)

La API de Openlayer consta de:

- Nombres y firmas de constructores
- Nombres y firmas de métodos y propiedades de instancia
- Nombres y firmas de funciones
- Nombres de constantes

Dentro de una serie de versiones principales, la API no se cambiará. Cualquier cambio en la API irá acompañado de una nueva versión importante. (Openlayers)

4.2.1.2 Cuerpo (<body>)

El cuerpo del proyecto nos muestra lo que finalmente se imprimirá en pantalla, en este caso la hoja del proyecto se divide en 3 ventanas:

4.2.1.2.1 Ventana numero 1

La primera ventana consta del título del proyecto con la etiqueta <h1> </h1>, lo siguiente interesante de este apartado será asignar un link a cada uno de los rótulos dibujados en pantalla, (INTRODUCCION, LIDAR, ICC Y UPC) esto nos servirá para entrar en profundidad en cada uno de estos apartados dirigiéndote a la web de ESRI, la del Instituto Cartográfico y la de EPSEB, en el apartado INTRODUCCIÓN se ha creado una hoja con una explicación sencilla del proyecto. Código 3

```
<body>
<a href="https://github.com/Viglino/oi-ext" class="icss-github-corner">
<a href=" ../index.html">
<header>
  <div id="row1">
    <h1>REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE DATOS 3D. CASO PRÁCTICO</h1>
  </div>
  <div id="row2">
    <div id="menu">
      <ul>
        <li><a href="inicio.html" target="_blank">Introducción</a></li>
        <li><a href="http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/las-dataset/what-is-lidar-data.htm" target="_blank">Datos Lidar</a></li>
        <li><a href="http://www.icgc.cat/es/Administracion-y-empresa/Descargas/Elevaciones/Datos-lidar" target="_blank">ICGC</a></li>
        <li><a href="https://epseb.upc.edu/es/estudios/grado-en-ingenieria-en-geoinformacion-y-geomatica" target="_blank">UPC</a></li>
      </ul>
    </div>
  </div>
</div>
</header>
```

Código 3

(Propia, 2019)

Para poder visualizar la imagen de fondo y los colores hemos recurrido a la librería de estilos CSS. La manera de invocarla, es a través de la etiqueta <link> con el atributo rel = stylesheet, la manera de dar estilo sería definiendo un id, un ejemplo es "row1".

Background-image, nos indica la ruta de la carpeta donde hemos depositado la imagen, también define el tamaño y la separación que se tiene que dejar en los márgenes, para que todo este centrado. Código 4

```
<link rel="stylesheet" href="css/styles.css" type="text/css">
#row1 {
background-image:url( ../img/imagenprueba3.JPG) ;
height:110px;
padding-top:2em;
}
```

Código 4

(Propia, 2019)

El resultado de esta primera parte de la hoja nos deja la siguiente presentación: FIGURA 15



FIGURA 15

(Propia, 2019)

4.2.1.2.2 Ventana numero 2

Esta segunda ventana o Ventana-contenido, es la más importante ya que nos muestra los procesos terminados; se subdivide en 2 columnas:

4.2.1.2.2.1 La primera columna:

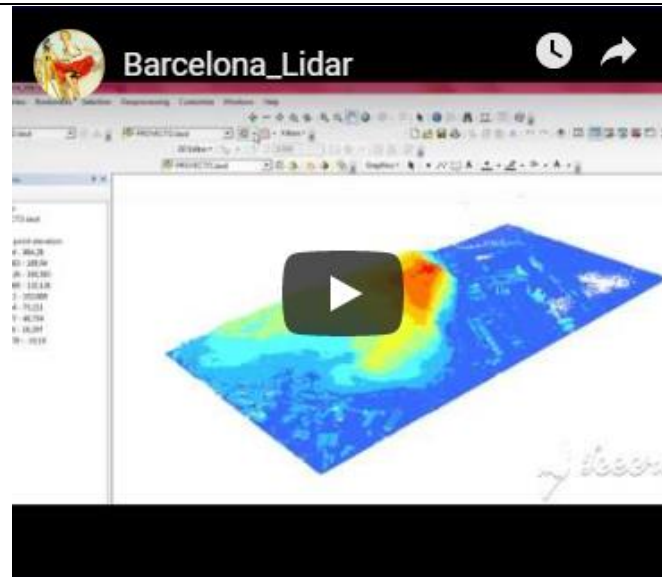
Se trata del espacio reservado para la creación de un video diseñado exclusivamente para este proyecto. Código 5

El video surge de la necesidad de complementar el proyecto mostrando el trabajo que hay detrás y aunque no se vea el proceso completo en el video, se podrá observar cómo se transforman cambiando las distintas simbologías del área Montjuïc. Código 6

```
<div id="column1">
<iframe width="560" height="315" src="https://www.youtube.com/embed/XvFp6x6WbeA" frameborder="0" allow="accelerometer; autoplay; encrypted-media; gyroscope;
```

Código 5

(Propia, 2019)



Código 6

(Propia, 2019)

4.2.1.2.2.2 La segunda columna:

Se trata del Visualizador, podemos observar que solo consta de 9 líneas de código, ya que el resto del código se encuentra en la carpeta .js dentro del archivo contenido.js, como se muestra en Código 8:

```
<div id="column2">
<div id="map" class="map">
<div id="row4">
  <h2> Visualizador de Datos 3D</h2>
  <script src="js/contenido.js"></script>
  <input id="botonMapa" type="image" src="img/mundo_boton.gif" width="100" height="80" onclick="montarMapa()">
</div>
</div>
</div>
```

Código 7

(Propia, 2019)

```
/*dividir la hoja html*/
#column2 {
flex-basis:68%;
}

#column1 {
flex-basis:28%;
}
```

Código 8

(Propia, 2019)

```

var scaleLineControl = new ol.control.ScaleLine();
var projection = ol.proj.get('EPSG:4326');
var projectionExtent = projection.getExtent();
var size = ol.extent.getWidth(projectionExtent) / 512;
var resolutions = new Array(14);
var matrixIds = new Array(14);
var map;
var capa;

```

Código 9

(Propia, 2019)

A continuación podemos observar un bucle “for”, es una iteración repetitiva que permite que algo se ejecute mientras o hasta cuando se le indique, en este caso le decimos que la variable Z empieza en 0 hasta un número inferior a 14 y que se vaya incrementando de uno en uno (++Z). En este caso se crea una matriz de resolución para cada nivel de zoom utilizando el sistema EPSG: 4326 Código 10

```

for (var z = 0; z < 14; ++z) {
  resolutions[z] = size / Math.pow(2, z);
  matrixIds[z] = "EPSG:4326:" + z;
}

```

Código 10

(Propia, 2019)

Se define la vista del proyecto asociada a la instancia de Openlayers que referenciamos mediante la variable “ol”. Nos indica que llamaremos a la librería Openlayer, definimos la proyección en la zona geográfica en la que nos encontramos. El EPSG: 4326, el código del sistema de referencia que va a utilizarse en el mapa que se está definiendo (4326 equivale a un sistema de coordenadas geográficas con dátum WGS84.

En la tercera línea se podrá observar que centramos el proyecto en las coordenadas geográficas de la zona de Cataluña, y por último se podrá hacer un zoom hasta un máximo de 8 niveles. Código 11

```

var view = new ol.View({
  projection: 'EPSG:4326',
  center: [1.86, 41.82],
  zoom: 8
});

```

Código 11

(Propia, 2019)

En este apartado se han creado dos grupos de capas distintas, los mapas base y los overlays, este último es el mapa que nos muestra el nombre de las calles y se pueden superponer y combinar con cualquier mapa base. Código 12

```

var layers = [
  new ol.layer.Tile({
    source: new ol.source.OSM()
  }),
  new ol.layer.Group({
    title: 'Mapa Base',

    layers: [

      new ol.layer.Tile({

        title: 'Lidar',
        type: 'base',
        visible: false,

        extent: projectionExtent,
        source: new ol.source.WMTS({

          url: "http://wmts-mapa-lidar.idee.es/lidar?",
          layer: 'EL.GridCoverageDSM',
          matrixSet: 'EPSG:4326',
          //matrixSet: 'EPSG:3857',
          format: 'image/png',
          projection: projection,
          tileGrid: new ol.tilegrid.WMTS({
            origin: ol.extent.getTopLeft(projectionExtent),
            resolutions: resolutions,
            matrixIds: matrixIds
          })

        })

      })
    ],
  })
],

```

Código 12

(Propia, 2019)

```

new ol.layer.Group({
  title: 'Overlays',
  fold: 'open',
  layers: [
    new ol.layer.Image({
      title: 'Labels',
      source: new ol.source.ImageWMS({
        url: 'http://www.ign.es/wms-inspire/ign-base?SERVICE=WMS&',
        params: {'LAYERS': "IGNBaseOrto"},
        serverType: 'geoserver'
      })
    })
  ]
}),
vector
];

```

Código 13

(Propia, 2019)

A continuación, crearemos el mapa y le añadiremos los controles por defecto, también el que nos da la posición de las coordenadas (MousePosition) y el que sirve para cambiar las diferentes capas (LayerSwitcher).

```
var map = new ol.Map({
  controls: ol.control.defaults().extend(
    [new ol.control.MousePosition({
      projection: 'EPSG:4326',
      coordinateFormat: function(coordinate) {
        return ol.coordinate.format(coordinate, '{x}, {y}', 2);
      }
    }), new ol.control.LayerSwitcher]
  ),
  target: 'map',
  layers: layers,
  view: view
});
```

Código 14

(Propia, 2019)

Se puede definir una función, es un procedimiento o conjunto de sentencias que realizan una acción. En este caso, se crea una función que permite controlar el nivel de zoom (entre 15 diferentes) y ésta será invocada desde el botón del globo terráqueo que se observa en el visor. Código 15

```
function montjuic() {
  map.setView(new ol.View({
    projection: 'EPSG:4326',
    center: [2.16, 41.36],
    zoom: 15
  }));
}
```

Código 15

(Propia, 2019)

Complementando el visor se han creado unas herramientas de trabajo que sirven para medir áreas, distancias, añadir puntos, etc. Aunque tres de las herramientas no se pueden usar, ya que no tenemos bases de datos de fondo, no se han borrado para poder trabajar con ellas en un futuro cuando se le añada bases de datos.



FIGURA 17

(Propia, 2019)

La manera de declarar el código de las herramientas será de la siguiente forma:

Se declara la variable tooltip que es la fila de botones, la librería es Openlayer y Overlay es un sub grupo de métodos para la creación de botones, el .on significa que la función tiene que saltar cuando ocurre un evento, en este caso el evento es SELECT.

```
var tooltip = new ol.Overlay.Tooltip();
map.addOverlay(tooltip);

edit.getInteraction('Select').on('select', function(e) {
  if (this.getFeatures().getLength()) {
    tooltip.setInfo('Drag points on features to edit...');
  }
  else tooltip.setInfo();
});
```

Código 16

(Propia, 2019)

4.3 Interacción entre los datos lidar y el visor

Este proyecto tiene como objetivo poder visualizar datos 3D en un visor Cartográfico, la manera de hacerlo será con el módulo de ArcGIS Image Server que es parte de ArcGIS Enterprise, este módulo nos permitirá reunir, procesar, analizar colecciones de datos de gran tamaño. También nos permite publicar servicios de imágenes dinámicos para acceder a la información través de mosaicos creados al vuelo y procesamiento analítico.

Para explicar los fundamentos que explican cómo esta tecnología nos permite compartir los datos, se acude a la información que suministra el fabricante:

“Este servicio es accesible como servicios de imágenes ArcGIS o bien como servicio OGN WMS, WCS, WMTS Y KML. La funcionalidad accesible a través de los servicios web OGC se define mediante las distintas especificaciones.” (ESRI, 2019)

En este caso como se ha trabajado con imágenes lidar se podrá usar las herramientas y funciones de procesamiento lidar ofrecidas por ArcGIS PRO y sus extensiones. Los resultados se almacenan, publican y comparten con ArcGIS como capas de imágenes a través del visor.

5 CONCLUSIONES / RECOMENDACIONES

El siguiente proyecto de final de grado, nos muestra la implementación de un visor web que permite observar 4 tipos de capas, tres de ellas son llamadas desde el servicio OGC-Geoportal IDEE y la cuarta de elaboración propia, en ellas se almacenan los datos lidar.

La realización de este proyecto se ha construido usando el método de prueba error, al inicio de este proyecto no era conocedora en profundidad de los lenguajes de programación, el manejo en ArcGIS PRO no lo dominaba, ya que siempre he sido usuaria de la plataforma ArcMap de ArcGIS convencional.

Durante el proceso se han encontrado distintas complicaciones sobre todo en el tema de compartir los datos de manera pública y gratuita, en un principio se intentó compartir con Geoserver, pero no se pudo conseguir ya que los datos 3D son incompatibles para ser llamados con dicho programa, es por ello que se solicitó una extensión de ArcGIS que sí nos permite poder visualizar los datos 3D directamente en el visor.

El objetivo principal del proyecto es poder visualizar datos 3D dentro de un visor, los datos lidar han sido procesados y tratados sin dar mucha complicación, ya que en las asignaturas de Sistemas de información geográfica y una parte de diseño e implementación de geoservicios hemos trabajado con datos lidar de manera reiterada, la única pequeña dificultad añadida es que siempre se había trabajado con ArcGIS y los poco que se había trabajado con ArcGIS PRO, ya que es una versión recientemente desarrollada por ESRI.

Todo el proyecto se desarrolla en un trozo del área de Cataluña es por eso que se usa el sistema de referencia UTM 31N, si la transformación de datos 3D se realizara en todo el territorio español tendríamos que usar funciones especiales el sistema de referencia que transforme las coordenadas UTM 29N y UTM 30N a EPSG: 4258.

Con la necesidad de dar al proyecto más riqueza se desarrollaron unas herramientas, que a mi parecer faltaría incidir en ellas y que terminen de funcionar, ya que se ha logrado que la mayoría de ellas funcione, pero hay un par que no acaban de funcionar.

A nivel personal y como reflexión quiero que sepáis que a lo largo de este proyecto y tras muchas horas de trabajo el proyecto ha ido tomando forma, soy consciente que podría llegar a otras dimensiones mucho mayores si alguien cogiera el testigo y continuara con el trabajo, me parece que es un tema apasionante ya que hay poca información de estos datos, creo que este visor me ha enseñado a no tener miedo, ya que por muy frustrante que haya sido en sus inicios he crecido en conocimientos con él.

6 BIBLIOGRAFÍA



Tejero, F. G. (2002). Ediciones Mundi-Prensa.

Diccionari Terminològic de Cartografia (Barcelona 2011). ICGC

ICGC (S.F) Instituto Cartográfico de Cataluña

<http://www.icgc.cat/es/Administracion-y-empresa/Descargas/Elevaciones/Datos-lidar>

Ultima conexión 25-09-19

Instituto Forestal Nacional (S.F.),

http://www.infona.gov.py/application/files/8514/3205/2247/Sistema_de_Informacion_Geografico_-_Pablo.pdf

Ultima conexión 23-09-19

Agresta (2017). Manual para la cuantificación de existencias de Biomasa en Masas Forestales de Matorral mediante Metodología Lidar,

<http://enerbioscrub.ciemat.es/documents/210922/222403/Manual+Lidar/82b0b5a5-1f52-4007-a7f5-7d4ce2d6429e>

Ultima conexión 25-09-19

Akus (2019). Diseño Web Akus.net,

<https://disenowebakus.net/domine-html-y-dhtml-primeros-pasos.php>

Ultima conexión 20-09-19

Angeles Gregorio (2015) researchgate.net,

https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Dispositivos-principales-del-sistema-LiDAR-aerotransportado_fig1_292966913

Ultima conexión 18-09-19

ArcGIS (2016),

<http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/las-dataset/what-is-lidar-data-.htm>

Ultima conexión 25-09-19

Bratt, J (2012) Wiki.gis,

http://wiki.gis.com/wiki/index.php/File:Quantiles_Formula.jpg

Ultima conexión 24-09-19

Diaz, J. C. (2013) ReachGate,

https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Propagacion-de-un-Pulso-Laser-La-forma-de-onda-de-un-pulso-laser-al-salir-del_fig2_273132812

Ultima conexión 25-09-19

Servicio Geologico de los EEUU. (S,F) WAVEFORM-RESOLVING.

https://www.ngs.noaa.gov/corbin/class_description/Nayegandhi_green_lidar.pdf

Ultima conexión 26-09-19

ESA (S.F) Agencia Espacial Europea España,

https://www.esa.int/esl/ESA_in_your_country/Spain/GOCE_muestra_el_campo_gravitatorio_terrestre_con_un_nivel_de_detalle_sin_precedentes

Ultima conexión 26-09-19

IBGE (S.F) Instituto Brasileiro de Geografia e Estadística,

[https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-](https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo.html?view=noticia&id=1&idnoticia=3043&busca=1&t=ibge-disponibiliza-nova-versao-modelo-ondulacao-geoidal-brasil-mapgeo2015)

[censo.html?view=noticia&id=1&idnoticia=3043&busca=1&t=ibge-disponibiliza-nova-versao-modelo-ondulacao-geoidal-brasil-mapgeo2015](https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo.html?view=noticia&id=1&idnoticia=3043&busca=1&t=ibge-disponibiliza-nova-versao-modelo-ondulacao-geoidal-brasil-mapgeo2015)

Ultima conexión 22-09-19

ESRI (S,F) ArcGIS,

<https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

Ultima conexión 26-09-19

Ena.Blogspot. (s.f.). Topografía Básica y S.I.G.

<http://topografiabasicasena.blogspot.com/p/c.html>

Ultima conexión 25-09-19

Concursos.cnice.mec. (2006). Sistemas de Información Geográfica y Teledetección.

http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad2/td_sig.htm

Ultima conexión 23-09-19

Turmero, P. (s.f.). Monografias.com.

<https://www.monografias.com/trabajos106/introduccion-html-y-javascript/introduccion-html-y-javascript.shtml>

Ultima conexión 25-09-19

ESRI (2019). ArcGIS Server.

<https://enterprise.arcgis.com/es/server/latest/get-started/windows/what-is-arcgis-image-server-.htm>

Ultima conexión 26-09-19

7 AGRADECIMIENTOS



A mi Madre Julia, que desde el cielo ha sido la luz que ha iluminado el camino, mi Padre Wilfredo mi gran apoyo aquí en la tierra, a mi pareja, cómplice y mejor amigo Javier Garrido.

A mis queridos tutores del proyecto Mercedes Sanz y Juan Carlos González, que han sabido siempre despejar el camino y aclararme las ideas, gracias a cada una de vuestras palabras de apoyo cuando lo necesitaba.

A mis tutores del Cartográfico agradecerles la confianza depositada en esta humilde servidora, cada una de vuestras palabras ha servido de inspiración Joel Grau y David Gómez.

A todos mis profesores y finalmente mis compañeros de la carrera.

Sin el cariño, la dedicación y paciencia de todos y cada uno de estos seres humanos maravillosos nada de esto hubiera sido posible.

Con todo mi amor y esfuerzo.

Gracias.

8 ANEXO

8.1 Traducción

Traducción al inglés del 30% de la memoria para el cumplimiento de las competencias básicas de lengua extranjera

Cartographic representation of 3D data. Practical Case.

1 SUMMARY



This Project has as its main objective represent the 3D data in a map viewer, these data are geographically referenced.

This project consists of two parts, the first one is about the treatment of the different lidar data and the second one about the development of a map viewer.

To finish we'll do an analysis of the conclusions of this project.

2 INTRODUCTION

The next final grade work called cartographic 3D data representation, practical case, it's based on the GIS and Geoinformation area. It is about to create a new map viewer of lidar data.

In the present, all the cartographic information around the World can be obtained, processed and work with it almost immediately. However, the lidar data is difficult to obtain, there are not updates of the territory in a short amount of time. An example of it, is that the Cartographic Institute of Catalonia (ICGC) has only two coverings:

The first one, from 2008 to 2011 and the second one from the 2016 to 2017, with the latter the project has been carried out.

To give visibility to this data we've created a map viewer.

To design the map viewer we used the programming languages of JavaScript and HTML; for the lidar data process the ArcGIS PRO interface, the main objective is to create an Openlayer, which is a dynamic map that works on each web page where you can see map tiles, analytical data, raster data, etc.

All this to be commercialized by Open Source and that can be nourished and enriched with contributions from other users.

3 BASIC CONCEPTS

To be easily understood we are gonna make a brief introduction of the basic concepts:

3.1 LIDAR

3.1.1 ¿What are the lidar data?

Lidar (light detection and ranging) is an optical remote sensing technique that uses laser light to obtain a dense sample of the Earth's surface, producing measurements in X, Y and Z. It is mainly used in aerial laser cartographic representation applications, arises as a cost effective alternative to traditional surveying techniques. Produces mass point cloud datasets that can be managed, visualized, analyzed and shared using ArcGIS.

To collect the information it can be used an airplane, helicopter, car or tripod, for data collection a laser scanner, GPS (Global Positioning System) and INS (inertial navigation system). The latter ones measure the rotation, inclination and heading of the lidar system.

“Lidar is an active optical sensor that transmits laser beams towards a target while moving through specific topography routes. The laser reflexed of the target is detected and analyzed by the receivers on the Lidar sensor. These receivers record the precise time from when the laser pulse left the system until it returned to calculate the limit distance between the sensor and the target. Combined with positional information (GPS and INS), these distance measurements are transformed into measurements of real three-dimensional points of the reflector target in the object space. The point data is subsequently processed after the collection of lidar data is recognized within the geo-referenced X, Y, Z coordinates with high precision when analyzing the laser time range, laser scanning angle, GPS position and INS information.”

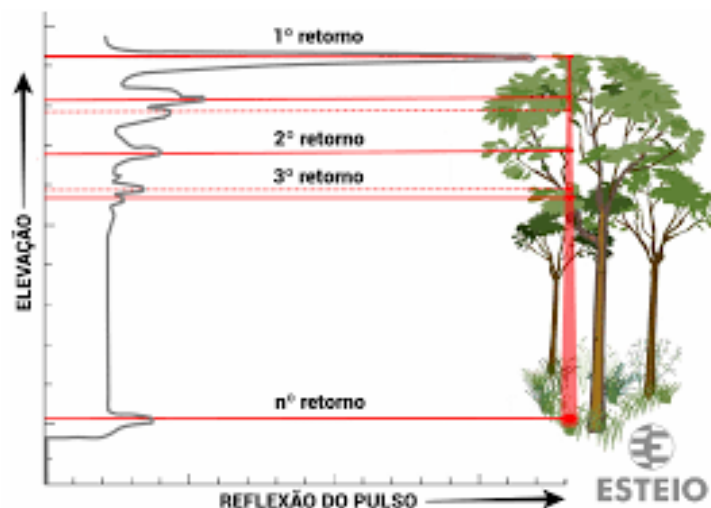


FIGURA 18

(Servicio Geológico de los EEUU)



FIGURA 19

(AGRESTA, 2017)

3.1.2 What are the attributes of the lidar point?

Additional information is stored together with each place value x, y, and z. The following lidar point attributes are maintained for each recorded laser pulse: intensity, return number, number of returns, point classification values, points that are on the edge of the flight line, RGB values (red, green and blue), GPS time, scan angle and scan direction. The following table describes the attributes that can be provided with each lidar point.

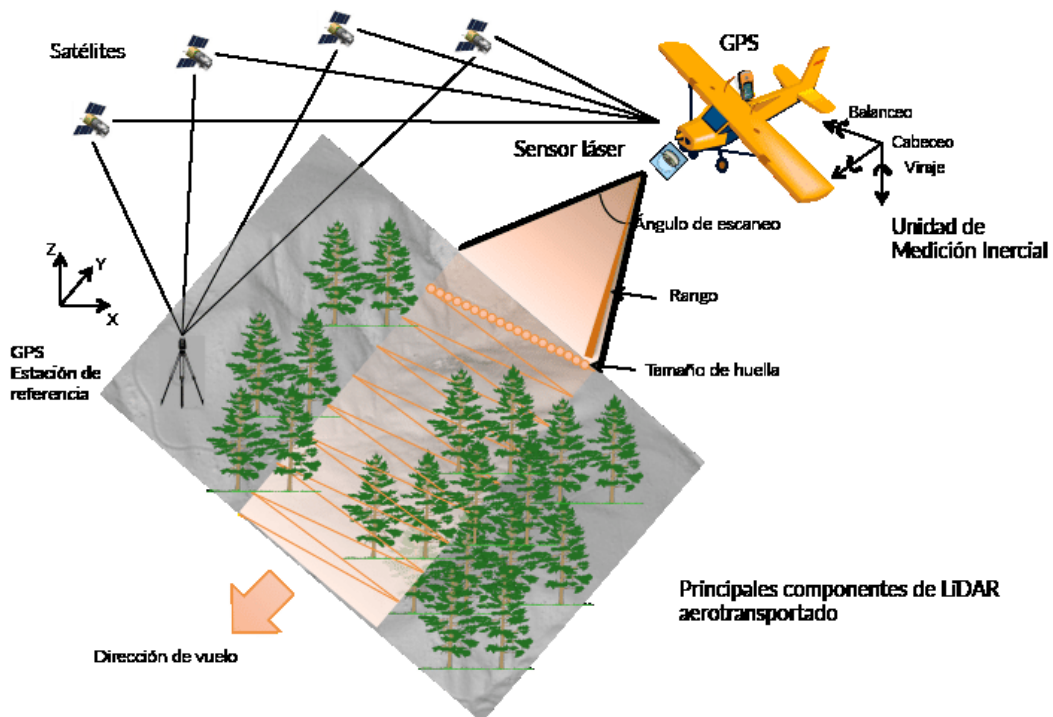


FIGURA 20

(Angeles, Gregorio, 2015)

3.1.3 What is lidar technology used for?

LIDAR technology allows to obtain maps in three dimensions with almost precise resolutions, in this way we can obtain detailed mapping, with a mass taking of the data, in an airborne way (ALS), it consists of two movements: the trajectory of the plane represents the longitudinal movement and that of the mirror where the light bounces is the transverse movement, in this way we can obtain wide and detailed surfaces in a matter of minutes, all accompanied by GPS technology.



FIGURA 21

(AGRESTA, 2017)

3.2 Cartography

Cartography it is the art of drawing geographical maps and in its next meaning it is the science that studies the maps.

Cartography currently not only draws maps, it's also one of the most unpredictable instruments of administration, management, economic and social development of any territory.

With the arrival of new technologies, cartography has evolved in such a way that it has now become part of our culture, it is totally necessary for humans, it gives us continuous territorial information and thanks to it we know data such as resources, conflicts, tourism, environment, pollution, history, development, etc.

Our civilization is currently visual, which is why more and more maps and cartographic documents are becoming more important.

The evolution of cartography, is given to be associated with other sciences that allow enriching it such as topography, mathematics, physics, geometry, statistics, design, astronomy, navigation, urban planning, etc. And we have also implemented information technology to finish evolving this science and take it to revolutionary levels.

3.3 Geographic information systems (SIG)

In 1962, the first Geographic Information System was designed in Canada, which was applied to the management of natural resources, but the evolution occurs in the 1980s when it merges with the CAD design.

It is understood as Geographic Information System to the set formed by certain information and the computer tools necessary for its analysis. That is why we can say that this system is a computer system designed to work with geographic information.

“The official definition of the Geographic Information System is an organized integration of hardware, software and geographic data designed to capture, store, manipulate, analyze and deploy in all its forms the geographically referenced information in order to solve complex planning problems and of management. It can also be defined as a model of a part of reality referred to a terrestrial coordinate system and built to meet specific information needs.”

GIS are databases with geographic information and alphanumeric data that is associated by a common identifier to the graphic objects of a digital map. In this way, by pointing to an object its attributes are known and, conversely, asking for a database record can know its location in the cartography.

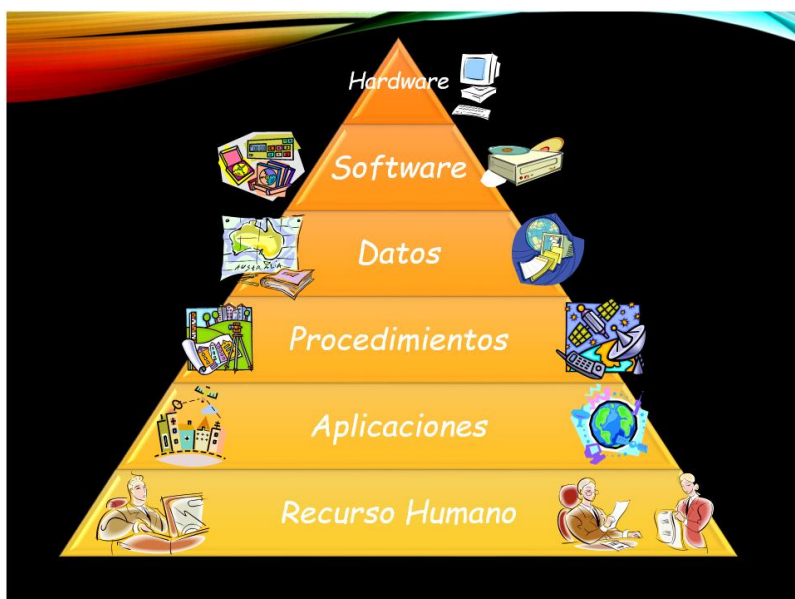


FIGURA 22

(Ena.Blogspot, s.f.)

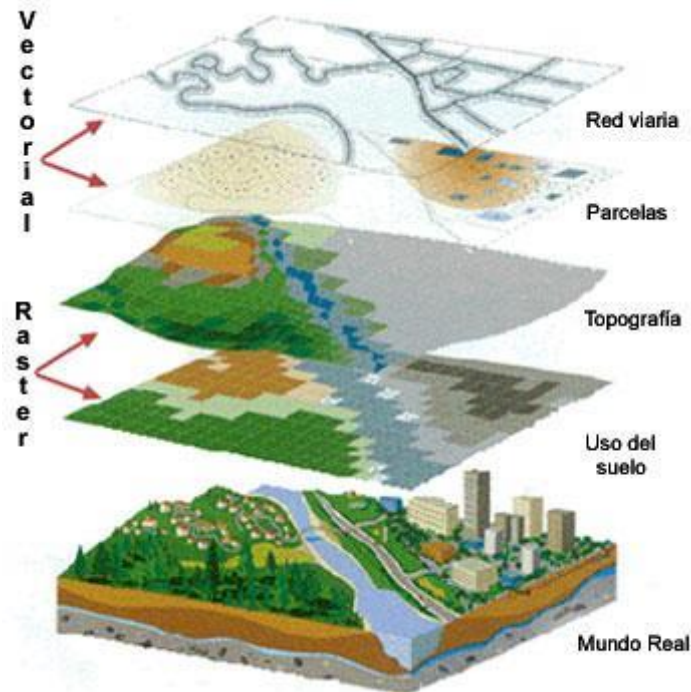


FIGURA 23

(Concurso.cnice.mec)

3.3.1 SIG types

The Geographic Information System can be classified in two main groups:

3.3.1.1 SIG Vectoriales:

They are Geographic Information Systems that use vectors for the description of geographic objects. The file formats and the tools they incorporate are similar to CAD programs.

3.3.1.2 SIG Raster:

Raster information systems base their functionality on graphic bitmap formats. Its way of proceeding is to divide the space into a grid or regular matrix of small cells (which are called pixels) and attribute a numerical value to each cell as a representation of its thematic value.

A remote sensing image is an example of raster format.

Since the matrix is regular (the pixel size is constant) and we know the coordinate position of the center of one of the cells, it can be said that all pixels are georeferenced.

ArcGIS allows to convert raster formats into vector files and vice versa. The most powerful GIS allow to combine layers of both types: vector and raster”.



FIGURA 24

(Concurso.cnice.mec)

3.3.2 Current area of GIS performance

Civil engineering: layout of roads, dams and reservoirs.

Environmental studies

Socioeconomic and demographic studies.

Communication lines planning.

Planning of the territory.

Geological and geophysical studies.

Prospection and exploitation of mines, among others.

The Internet and the World Wide Web are promoting the adoption of unified protocols (such as Open Gis) for geographic data to facilitate their exchange.

3.3.3 SIG applications

The greatest utility of a GIS is closely related to the ability to visualize data graphically and construct models or representations of the real world, based on the integration and combination of data of diverse nature within a territorial framework.

These models are very useful to simulate the effects it produces in a given territory, a natural process or a human action.

GIS contribute to the analysis and provide solutions for a wide range of needs, such as:

- Production and updating of the basic cartography.
- Administration of public services (water supply, energy, communications, sanitation, among others).
- Land use regulation.
- Cadastre.
- Emergency care: fires, earthquakes, traffic accidents, etc.
- Socio-economic stratification.
- Environmental management: basic environmental sanitation and improvement of environmental conditions.
- Evaluation of risk areas (disaster prevention and attention).
- Optimal location of social infrastructure and facilities.
- Design and maintenance of the road network.
- Formulation and evaluation of social and economic development plans.

3.4 Software

3.4.1 ArcGIS

ArcGIS is a complete system that allows you to collect, organize, manage, analyze, share and distribute geographic information.

The ArcGIS system makes it possible for authorized geographic information created by the GIS community to be easily and freely used by anyone who wants it (and with whom in turn you want to share it). This system includes software, an online cloud-based infrastructure, professional tools, configurable resources such as application templates, ready-to-use base maps and own content shared by the user community.

Compatibility with the server and cloud platforms enables collaboration and sharing, which ensures that information vital to planning and decision making is immediately available to anyone.



FIGURA 25

(Esri, s.f.)

3.4.2 Openlayer

OpenLayers allows you to put a dynamic map on any web page, it is a giant map library that can display map mosaics, vector data and markers loaded from any source.

3.4.3 JavaScript

It was developed by Brendan Eich of Netscape with the name of Mocha, later after 2 name changes, they finally decided to call the JavaScript programming language that would allow us to make dynamic contents such as showing us updates, maps, images, 3d animations, 2d animations, etc. It is part of the web technology standards together with HTML and CSS.

3.4.4 Css

Cascading Style Sheets, it is not a programming language itself, it is more a style sheet that allows us to structure and create a web document.

3.4.5 Html

HyperText Markup, not only serves to organize all the information of a web page, but also creates tags, which help us to make quick searches through search engines such as Google, Yahoo, Opera, etc.

This is the structure of HTML:



FIGURA 26

(Akus, 2019)

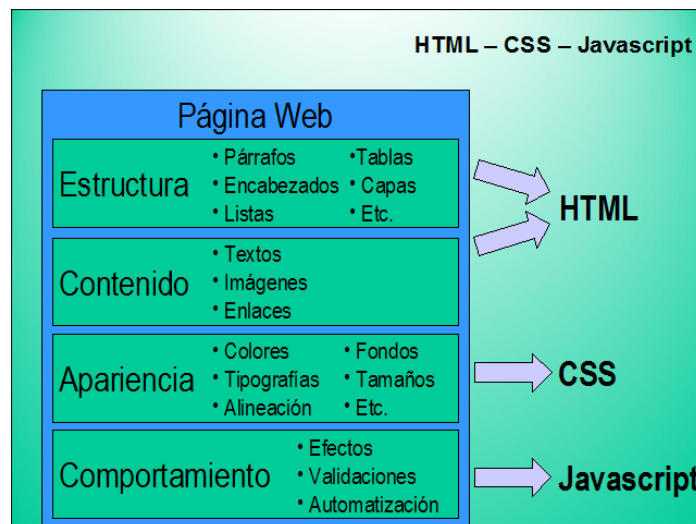


FIGURA 27

(Turmero, s.f.)