

**Prototipo de SIG, para la gestión de los elementos de
túnel del metro de Barcelona
(RESUMEN)**



MÁSTER EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Autora: Laura Blasco

Tutor: Rolando Bieres

ASPECTOS BÁSICOS

El objetivo de este proyecto es desarrollar un prototipo de SIG para el metro de Barcelona, contando con el apoyo de la empresa Comsa que es la que proporciona los datos topográficos.

Estos datos topográficos consisten en diferentes elementos que se pueden encontrar en el túnel del metro de Barcelona. La problemática con la que se encuentran, es que en el metro existen diferentes departamentos (catenaria, energía, obras,...) y individualmente cada uno de ellos es consciente más o menos de sus elementos de túnel y cuantos hay a grosso modo. La intención aquí es que aprovechando el levantamiento exhaustivo que se a echo de todos estos elementos, es englobar todos los elementos de todos los departamentos para unirlos en un misma base de datos y saber específicamente cuantos existen y cuál es su ubicación.

De este modo se podrán realizar consultas para encontrar un elemento a partir de su código o de su punto kilométrico para su posible mantenimiento y es saber cuál es su posición exacta a la hora de encontrarlo ya que al túnel sólo se puede acceder por las estaciones y saber cuál es la estación más próxima sería de gran utilidad. También se podrían saber cuántos elementos se podrían ver afectados en el caso de un fallo de energía o señalización en una determinada zona. Y por último se podrían realizar estudios de los posibles desgastes de vía, gracias a la información detallada de su trazado.

DESARROLLO DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es, el de tener conocimiento de la localización, cantidad y clase de todos los elementos de túnel que existen y vinculándolos a una cartografía nueva, proceder a la explotación de la base de datos. Obteniendo así, información detallada que aportará mayor facilidad a la hora de gestionar estos elementos. Unificando la información de los diferentes departamentos y mejorando su viabilidad a la hora de su mantenimiento.

En una primera etapa se ha procedido a la recaptación de la información tanto gráfica como alfanumérica. Analizando así cuales podrían ser las necesidades una vez realizado el SIG.

Dadas las necesidades del usuario para la explotación de la base de datos las tablas que se van a utilizar son las que contienen la información de los elementos que contiene el catálogo.

La información gráfica que he creado consta del eje teórico dibujado y los andenes de la estaciones del tramo a explotar que será la base de toda la cartografía que posteriormente se incorporará (ejemplo: capa gráfica de elementos de túnel que pertenecen al departamento de vías, obras, catenaria...etc).

A partir de conexión entre las tablas posteriormente modificadas y de la información gráfica creada se generará el SIG.

Codificación, Clave primaria

Una parte muy importante a la hora de elaborar las tablas es la codificación de cada uno de los elementos, para que de este modo no exista ningún problema a la hora de gestionar la información. Esta codificación consta de una clave primaria, como ya se sabe una clave primaria es un atributo, que no acepta ni valores repetidos, ni nulos.

De esta manera se obtendrá un único código para cada elemento de túnel, con la posibilidad de ampliar la base de datos y añadir elementos de otras líneas, vías...etc.

Quedando así:

Nº LÍNEA	Nº VIA	Nº DEPARTAMENTO	ELEMENTO	TIPO ELEMENTO	Nº ELEMENTO
XX	XX	XX	XX	XX	XXXX

Este proyecto solo define un tramo de la línea 2 por lo tanto la codificación de todos los elementos de túnel comenzará por 02.

Modificación y unificación de las tablas

Se procederá a la eliminación de datos que queden fuera del rango de PK propuesto para este proyecto. El PK para este proyecto esta delimitado a partir del tramo antes mencionado, desde el PK 104+391.105 al PK 107+063.729.

Con ayuda del programa Bentley Inrail Track se han proyectado los puntos al eje de vía uno (vía 1 ya que el tramo que utilizamos es únicamente de túnel doble y la vía uno se considera la vía principal) y se ha sacado un listado con la información necesaria, que nos ha ayudado a completar la tabla.

Para las tablas referidas a elementos de túnel, el tipo de información es el mismo para todas ellas, lo que comporta tener los mismo campos y a razón de ello los mismos cambios o modificaciones. Así pues, se generalizará esta parte mostrando la modificación de una de sus tablas y así se efectuará para el resto de estas.

Hasta el momento todas la tablas que se han ido modificando constaban de elementos puntuales pero en las siguientes tablas (catálogo) que pertenecen a elementos propios de túnel podemos encontrar tanto elementos puntuales como elementos lineales.

Creación de la cartografía

Cartografía base

La cartografía base de la que se dispone consta de un eje de trazado de las vías 1 y 2. Este eje tiene su inicio en el PK 100+000 y finaliza en el PK 112+418.291 (tomando como referencia vía 1). Como ya se ha comentado en este proyecto, el tramo a tratar en este caso esta delimitado del PK 104+391.105 al PK 107+063.729.

Por lo tanto se deberá preparar esta cartografía de tal manera que sólo aparezca dibujado el tramo con el que se va a trabajar. Para ello desde MicroStation, se eliminarán todos los elementos que estén fuera del tramo. Y desde Autocad se limpiará el dibujo, para que las capas innecesarias ya no aparezcan en la nueva cartografía.

Métodos para la generación de la cartografía

La información de la que disponemos consta de elementos puntuales y elementos lineales. Estos elementos pueden pertenecer a vía 1 o vía 2, esta información viene definida en el campo "vía_element". Ahora bien, todos los puntos de todas la tablas estas proyectados al eje de vía 1, ya que es el que toma como referencia en túnel común y da kilometración al túnel.

Las capas generadas en la cartografía serán acordes con el catálogo, es decir, con los diferentes elementos que existan en cada departamento.

Elementos puntuales

Para la generación de los elementos puntuales, se ha contado con la ayuda del programa MicroStation y su herramienta "Asistente para importar texto".

En primer lugar se ha creado una tabla con extensión .txt, donde se insertan las coordenadas de los elementos puntuales de la tabla y la descripción del elemento que se pretende visualizar. Una vez importados, se visualizan y se guardan como un archivo de cad.

Elementos lineales

Para la generación de elementos lineales, resulta un poco más complicado ya que los elementos lineales están compuestos de elementos como clotoides o curvas que no llegan a ser completas, a parte estos deben estar a escala y en sus coordenadas UTM correctas. Dado que sólo se tienen las coordenadas de inicio y fin de los elementos lineales y que estos siguen la geometría de la vía, para poder representar gráficamente estos elementos, se utilizan una serie de puntos intermedios pertenecientes al eje de vía, para que el elemento lineal este formado por una polilínea con la misma geometría y posición de la vía al que pertenece el elemento.

Viendo las diferentes herramientas de Inrail he considerado que la mejor manera de poder dibujar los elementos lineales es utilizando la herramienta Superficie, ya que esta herramienta permite importar líneas a través de la creación de un ASCII, debidamente ordenado y codificado. El formato ASCII que identifica esta herramienta como una línea continua.

Modificación e incorporación de los elementos del SIG

La fase final de este proyecto consiste en vincular la información gráfica y la información alfanumérica. Para ello es necesario utilizar un programa que incorpore las herramientas necesarias, tanto para vincular datos, como para realizar las consultas necesarias.

En un principio se opta por utilizar GvSig, ya que es un programa de código libre y no sería un problema obtenerlo. Así que se comienza a trabajar con él, pero los datos iniciales con los que se trabajan, no son "shapes", sino por un lado los mapas y por otro las tablas, y la vinculación de ambos resulta incompresiblemente difícil. Incompresible ya que la información gráfica con la que se trabaja viene definida y ha sido creada con un código o clave principal, que es la misma utilizada en las tablas.

Así que de este modo se decide terminar con la posibilidad de utilizar GvSig para la realización de este prototipo y se opta por utilizar ArcMap de ArcGIS. Este programa es de difícil instalación, pero de gran utilidad ya que soporta todo tipo de formatos tanto gráficos como alfanuméricos y la gestión para incorporarlos es de gran facilidad para el usuario.

Para empezar a generar datos, lo primero que se ha hecho ha sido crear un proyecto llamado SIG – Metro y se han definido las propiedades. Una vez se ha definido el proyecto. Se ha procedido a incorporar todas las capas. Existen dos formas de incorporar la información gráfica, a través de la propia tabla de atributos creada con anterioridad con Microsoft Excel y transformada a formato *.dbf, o a través de un CAD.

Para importar puntos no existe ningún problema, desde el comando Tools – Add XY Data, definiendo sus coordenadas X e Y, dibuja la entidad a partir de la tabla de atributos y así de este modo no sería necesario vincular la información alfanumérica. Pero para importar líneas no existiría ningún problema si fuesen líneas rectas ya que se podrían dibujar a partir de sus coordenadas de inicio X e Y, su longitud y su dirección. Pero las entidades lineales con las que se están trabajando no sólo contemplan esto sino que su estructura gráfica resulta más compleja, ya que son curvas y clotoides además de rectas. Así que se opta por importar las entidades lineales a partir de un dibujo de CAD, previamente creado con MicroStation.

A continuación se importa la tabla de información correspondiente a la capa gráfica. Como ya se ha explicado con anterioridad, a los elementos lineales creados con MicroStation se le ha incorporado su clave primaria, y en la tabla de información de sus elementos aparece este código con el nombre "Name". De este modo teniendo este campo en común se puede efectuar una unión de la tabla de atributos y la tabla gráfica importada por defecto.

Una vez unidas las tablas se ha procedido a modificar las propiedades de cada una. Comenzando por el nombre y el rango de escala para su visualización, la simbología, los campos visibles para el usuario o modificar el nombre del campo e identificar que campo es el que etiquetará a cada elemento.

El nombre se ha modificado para que todas las capas al ser visualizadas tengan una apariencia homogénea. También se han modificado el nombre de los elementos que aparecen en cada capa.

Para el rango de escala se ha tenido en cuenta los elementos necesariamente visibles a una escala más pequeña o más grande. Es decir un elemento puntual no es necesario que sea visible a una escala de 1/13.000. Pero es totalmente necesario a una escala de 1/200. En cambio un elemento lineal de gran longitud no se apreciaría a una escala de 1/200.

Por eso para cada una de la capas se ha generado su propia escala de visualización para no entorpecer la información con otras capas y para su mayor facilidad a la hora de encontrar sus elementos.

A la hora de generar la simbología de cada capa se ha tenido en cuenta la forma real de cada elemento o en su defecto se ha utilizado el significado de su uso en el túnel. Para esto se han utilizado las librerías de simbologías propias de ArcGIS.

Para los elementos de energía se ha tenido en cuenta para su simbología la utilidad que ellos ofrecen en el túnel. En cambio para los elementos de señalización, catenaria puntual y vía puntual se ha tenido en cuenta la forma real que tienen.

Para los elementos lineales no existía una simbología propia para cada elemento y aunque hubiera sido así a escala tan pequeña no serviría como referencia ya que no se apreciarían. Por lo tanto se ha utilizado una simbología para su rápida identificación en el plano.

En un principio los elementos lineales de vías estaban todos en una misma capa pero su difícil identificación, ha hecho realizar una serie de cambios en los que ahora los elementos están separados en diferentes capas. Esto ha sido así ya que un mismo tramo de vía contiene, fijaciones, asientos, carriles, placas y traviesas. Ahora estos elementos tienen su propia capa y se diferencia dentro de cada capa el tipo de asiento, carril, etc.

Para los elementos lineales de la capa obras se ha utilizado una simbología especial ya que existen tramos, donde los elementos se solapan, concretamente los elementos "sostres" y "andana" así que había que buscar una simbología que dejará entrever los elementos. No se ha efectuado la misma operación que en la capa de vías ya que no era necesario debido a su mínima intercepción.

A la hora de ver la información de las tablas, existen algunos campos que al ser importados generan pequeños defectos en la tablas. Utilizando el comando Start Editing, y seleccionando la tabla que se pretende restaurar se ha modificado la tabla para que a la hora de consultar un elemento el usuario no tenga problemas para identificarlo por posibles errores de lectura.

Para modificar la tabla se utiliza el comando "Find and replace".

GENERACIÓN DE CONSULTAS

Para la generación de consultas se va a suponer una serie de situaciones posibles que se podrían dar y a través del SIG, cuales son las ventajas de su utilidad.

Primera consulta

Para empezar, el mantenimiento de los elementos del túnel es un echo existencial, en el que cualquier personal de metro que se percate de la necesidad de una reparación, da la voz al centro de control de metro, estos por su parte hacen la gestiones necesarias para que según el elemento de túnel del que se trate venga el equipo de trabajo especializado a repararlo, por lo tanto vamos a suponer que este elemento según el personal que da la voz de alarma, se sabe que es un “espadín” y también se sabe que esta entre el 106+220 y 106+240 y que pertenece a vía 2.

Realizando la consulta, sabemos que la parada más próxima es Clot. En el caso que no se viera tan claramente cuál es la parada siempre se puede hacer una consulta dentro de la capa Obra. Sabiendo que las paradas aproximadamente existen unos setecientos metros entre paradas. Se hace una consulta de tal manera que busquemos el elemento “andana” y que este doscientos metros por delante o por detrás.

Segunda consulta

La energía del túnel esta definida por tramos, de tal manera que si falla la energía en algún lugar tendrá consecuencias únicamente en el tramo donde se haya producido el error y no en toda la línea. Estos tramos se encuentran definidos por los centros de transformación. Existe un centro de transformación en Bac de Roda pero nuestro tramo no contempla la finalización así que se va a suponer existe uno en Sagrada Familia y otro en Clot, y que hay un error en este tramo. ¿Cuántos elementos de energía quedarían afectados por este fallo? El tramo afectado va desde el PK 104+486.656 al PK 106+128.221.

Y el resultado es que se han encontrado trece elementos de señalización que quedan afectados.

Tercera consulta

Otro de los objetivos que se habían marcado para este proyecto es el de hacer un estudio para saber cuales son los tramos dónde se produce un mayor desgaste de vía. Los elementos que se tienen en cuenta para este fenómeno, se encuentran en la tabla de trazado dónde se ha incorporado toda la información necesaria. Hay que tener en cuenta que el mayor desgaste se produce en curvas con un radio menor a 200. Por lo tanto se hará una consulta para saber cuáles son los tramos afectados.

Hay que tener en cuenta que los radios de las curvas pueden tener signo positivo o negativo según la dirección en la que vaya la curva, así que a la hora de hacer la consulta esto se tendrá en cuenta.

Y como resultado obtendremos cinco curvas que llevan un mayor riesgo de desgaste. Las zonas de desgaste de vía vienen definidas por tener un radio menor a doscientos. Esta problemática se puede solventar. La solución viene por incorporar a estas zonas una pieza de contracarril, así el desgaste de las vías será menor, ya que la pieza de contracarril se utiliza para que la fuerza que ejercen las ruedas de los trenes en el carril sea de menor envergadura y así el desgaste sea menor.

En este SIG el elemento contracarril, es un elemento con que el que ya contamos por lo tanto vamos averiguar si estas zonas de riesgo ya han sido contempladas. Como en la tabla de Vías carriles existe información de las dos vías y aquí sólo interesa la información de la vía 1 ya que en la tabla trazado sólo se dispone de la información de vía 1. Por lo tanto se pondrá otra condición para realizar la consulta. Que el “ Nom vía” = 1.

Y con el resultado se observa que no tan sólo se han incorporado los contracarriles a las zonas de mayor riesgo, sino que por motivos ajenos existe una zona de menor longitud que no es curva y también incorpora esta pieza. Observando la zona se puede ver que se trata de un desvío, ya que existen los elementos cruceros, los elementos puntuales de catenaria sustentadores y además en vía dos existe otro

pequeño contracarril. Lo que demuestra que el elemento contracarril no tan sólo se coloca en las zonas de mayor riesgo de desgaste sino que también se coloca en los desvíos.

CONCLUSIONES

Concluido este proyecto, se puede decir que es un trabajo con grandes posibilidades de ampliación y que resultaría de gran utilidad. La gestión de los elementos de túnel a partir de un SIG, facilitaría y agilizaría el trabajo, en el caso de existir cualquier problema dentro del túnel. Y por otra parte la gestión del tiempo a la hora del mantenimiento de estos elementos, permitiría realizar este mantenimiento con mayor rapidez.

Actualmente, la localización y gestión de zonas problemáticas se efectúa únicamente gracias a la experiencia de operarios y técnicos, a partir de este SIG se pueden realizar estudios que unidos a la experiencia permitan detectar posibles problemas con anticipación y con mayor calidad de la información. Un ejemplo claro son las zonas con mayor riesgo de desgaste de carriles o las zonas afectadas debido a una caída de tensión de la catenaria, así como el material necesario para poder reparar el problema.

En definitiva es un proyecto que no tan sólo ayuda a los trabajadores, sino que también colateralmente beneficiaría a los usuarios de la red ferroviaria. Ya que un mayor rendimiento, nos beneficia a todos.