

Análisis de la correlación entre los Puntos Kilométricos Nominales y Reales en la geometría de la línea ferroviaria

Gómez Castaño, José; Sánchez de Miguel, Alejandro; Zamorano, Jaime
Grupo de Astronomía Extragaláctica e Instrumentación Astronómica,
Departamento de Astrofísica y CC de la Atmósfera. UCM

Resumen

En trabajos anteriores [Sánchez de Miguel y otros, 2012, Zamorano y otros, 2011] se han obtenido modelos de emisión de energía desde la superficie terrestre utilizando imágenes de los satélites ISS, DMSP y VIIRS. Se ha estudiado [Sánchez de Miguel, 2013] una correlación entre las mismas y las zonas geográficas de España e Italia. Estas zonas son bastante amplias, del orden de provincias. Con la utilización de los sensores a bordo del satélite VIIRS, es posible aumentar la resolución espacial y realizar estudios a nivel de término municipal e incluso de elementos aislados

Dentro de los trabajos de detección de emisiones desde diferentes partes de España, se plantea la posibilidad de utilizar recintos ferroviarios aislados como zonas de calibración. Estos recintos están lo suficientemente aislados y son lo suficientemente grandes como para aparecer individualmente en las imágenes de satélite, y su consumo eléctrico es conocido. Estas estructuras se localizan muchas veces por su posición kilométrica dentro de una línea. Como trabajo previo, es necesario llevar a cabo un análisis de la correlación entre los PK nominales y los reales de la infraestructura ferroviaria y de esta forma identificar su posición.

A lo largo de la vida de un trazado ferroviario, este sufre variaciones que influyen en la posición que ocupan los postes kilométricos ubicados junto a la vía. Estos se encuentran marcando puntos hectométricos con el objeto de indicar al maquinista y personal que trabaja en la vía, dónde se encuentran en cada momento o dónde se sitúan las instalaciones. También suponen un punto de referencia para cualquier trabajo que se haga en la misma, lugar de las incidencias, de limitaciones de velocidad, etc.

Las alteraciones en el trazado modifican la posición real de estos postes kilométricos, lo que hace que su posición geográfica no coincida con la que muestran. Por este motivo, si se necesita posicionar cualquier evento sobre la vía, a partir de sus coordenadas GPS, será necesario llevar a cabo una corrección, de forma que estén referidas a la posición nominal y que sea identificable por los afectados. De modo inverso, se tiene que aplicar esta corrección a los kilometrajes nominales, si se quieren representar sobre cartografía.

En este trabajo se hace una comparación entre las posiciones reales y teóricas de los mismos, con el objeto de detectar dónde y en qué medida existe esta casuística y crear una correspondencia entre ambos valores. La fuente de datos para los PK se ha obtenido del Mapa Topográfico Nacional y de la Base Cartográfica Nacional 1:25:000. Las geometrías de los fenómenos de líneas se ha obtenido de la versión 12 de Tramificación Común de IDEAdif.

Como resultado del trabajo, se ha introducido un nuevo campo en la información de cada PK del MTN25 para indicar la línea a la que pertenece y se ha desarrollado una metodología que permite la correlación entre una y otra kilometración. Se ha encontrado una correlación directa entre ambos valores en una línea dada, teniendo en cuenta los casos en los que se producen saltos de kilometración en ella.

Palabras clave: Ferrocarril, GIS, Punto Kilométrico, Algoritmo

Introducción

Es conocido el hecho de que existen diferencias entre los puntos kilométricos y hectométricos nominales inscritos en los hitos que hay junto a la infraestructura ferroviaria, y el que realmente

ocupan.

Estos puntos se encuentran distribuidos cada 100 metros a lo largo de la vía, con objeto de ser puntos de referencia para el personal que trabaja en ella. Ejemplos de su uso es la delimitación de puntos de inicio y fin de limitaciones de velocidad, localización de lugares de incidencias o puntos relevantes donde la marcha de los trenes debe sufrir variaciones de velocidad.

Al realizarse trabajos sobre la vía, el hito sufre desplazamientos y deja directamente de indicar el kilometraje con precisión. Aunque este hecho es conocido, en este trabajo se desarrolla un proceso que permite la cuantificación de la desviación en cada caso. Todos los gráficos han sido realizados por el autor

Datos utilizados

El principal problema en este trabajo ha sido conseguir una fuente que proporcione la posición de los postes kilométricos actuales. Para ello se ha recurrido a la capa Puntos Kilométricos, de la Base Topográfica Nacional y de la Base Cartográfica Nacional, del Instituto Geográfico Nacional (BTN y BCN). La ubicación de estos postes se realiza tomando 2 de ellos por cada hoja del Mapa Topográfico Nacional 1:25.000

Se ha partido de la localización de 7117 postes kilométricos repartidos en 227 líneas. Aunque solo constituyen una parte del total, servirán como base para un estudio más profundo, si así se necesita.

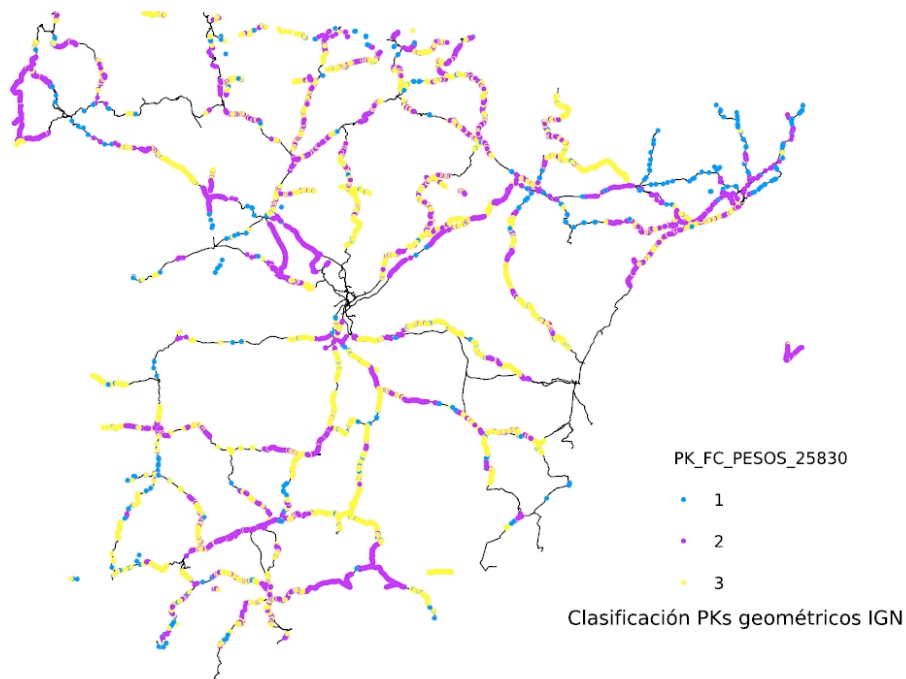


Fig 1. Distribución original de PK analizados Azules los geolocalizados con GPS y amarillos los interpolados por el IGN. EPSG:25830

Los Pks han sido extraídos del fichero PK_FC_PESOS proporcionado por el IGN. En esta base de datos se detalla la posición de cada hito de PK, asignándose diferentes pesos en función de la precisión. 1 para los fiables (481 postes), 2 para los dudosos (3267) y 3 para los interpolados. En principio existen dos hitos para cada hoja del MTN25 para los que se ha tomado su posición directamente en campo, siendo el resto interpolados a partir de ellos. En el gráfico anterior se muestra la distribución de los hitos por la red ferroviaria.

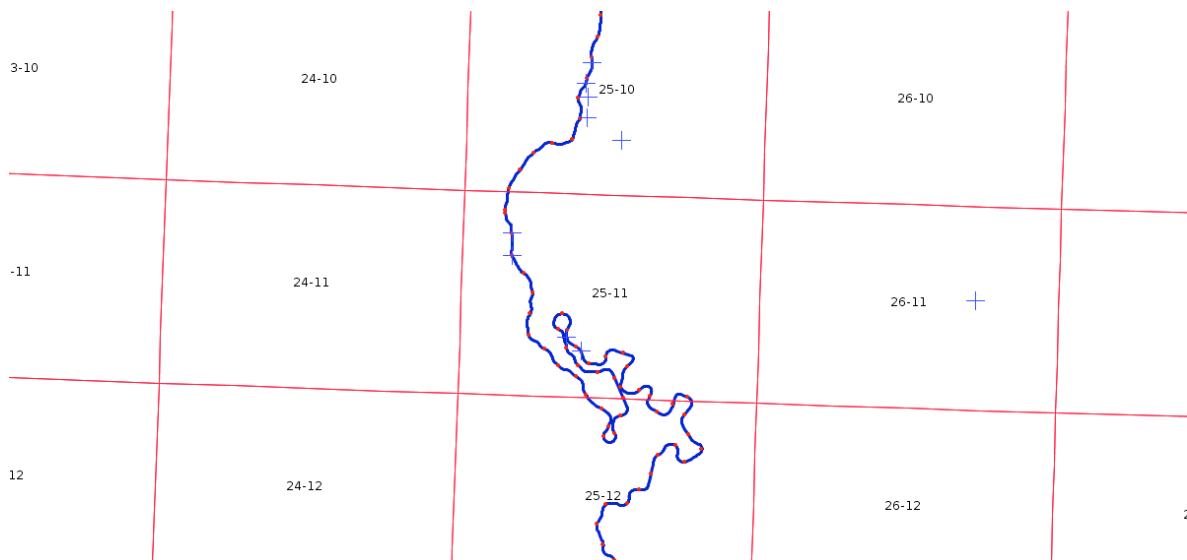


Fig 2. Distribución de los PK de referencia (cruz azul) de la BTN25 respecto a la cuadrícula del MTN25

Esta información presenta la dificultad de que los Pks no se encuentran asociados a una línea en concreto. Por ello, el primer paso ha sido crear un geoproceto con el fin de relacionar cada punto a su línea correspondiente. Este consiste en asociar a cada línea los Pks localizados a menos de 10 metros del eje de la vía. Como resultado del mismo, se ha creado una capa con esta asociación, añadiendo el atributo COD_LINEA y actualizado la información de la BTN25. Las líneas son las publicadas por ADIF en la Declaración de Red [ADIF 2013]

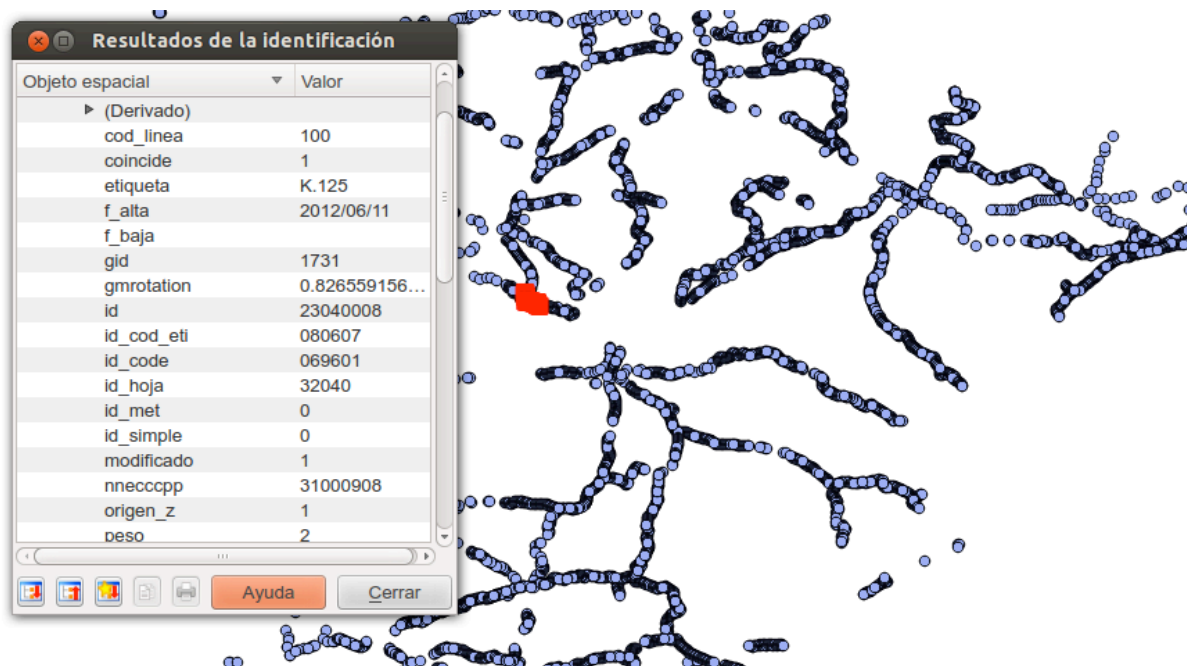


Fig 3. Resultado de asociar cada PK de IGN a su línea correspondiente

Para la geometría de vía se ha utilizado la versión 12 de la Tramificación común, publicada por ADIF a través de IDEAdif a finales de 2012. Esta se ha construido a partir de medidas con GPS embarcado en trenes auscultadores, tomándose las mejores medidas de diferentes pasadas. Su ajuste a la geometría de vía real es la más precisa actualmente y formará parte de la Base Topográfica Nacional 1:25.000 (BTN25) en breve. El sistema de referencia es el EPSG:25830.



Fig.4. Ortofotografía y la geometría de vía superpuesta en la subida a Pajares.
EPSG:25830 En azul la posición de las estaciones

Otra fuente indirecta la constituye la posición de las Estaciones, de las que se conoce tanto su posición geográfica como el punto kilométrico nominal en el que se encuentran dentro de una línea concreta. Tradicionalmente, estos reciben el nombre del punto kilométrico en el que se encuentran. De esta forma se dispone de 2716 puntos de referencia.

Metodología

Las herramientas utilizadas han sido gvSIG y QGIS, como software de escritorio, una base de datos PostGIS 2,0 y Scripts a medida desarrollados en Python para los geoprosesos usando las librerías de GDAL y PyQgis.

Cálculo de la desviación

Como se ha dicho, el objetivo es calcular la desviación en metros entre la posición real de cada hito, y su valor nominal. Por lo tanto empezaremos por poner los datos de referencia de forma que sean comparables, para después calcular la diferencia, ya que la capa IGN se presenta en proyección EPSG4326 y la geometría de vía en EPSG25830. Por último, representaremos esta diferencia de forma tabular y sobre cartografía.

Otra fuente de datos de PK Nominales se ha escogido las posiciones de las dependencias de ADIF, directamente en sistema EPSG25830. Estos proceden de la kilometración que aparece respecto a cada línea en los Libros Horarios.

Para la obtención de los PK reales, se ha utilizado la geometría de vía. Dado que esta representa la Tramificación Común, se ha aplicado un geoproseso de Disolución basado en la línea a la que pertenece cada tramo, en el que se han unido los tramos pertenecientes a la misma línea, para formar uno solo.

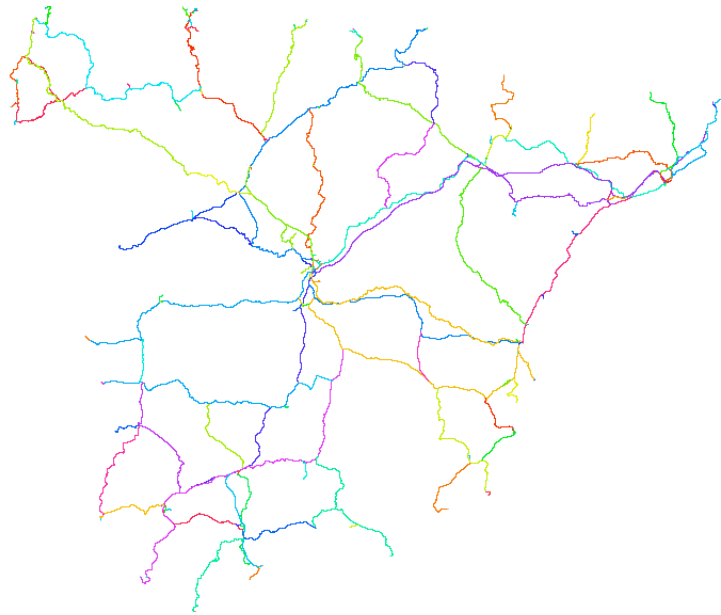


Fig 5. Resultado de las líneas después de la Disolución. Cada color indica una línea

Para comprobar la fiabilidad de las geometrías, se ha comparado la longitud nominal con las reales. El resultado se muestra en la siguiente figura. El origen de las líneas geométricas no coincide exactamente con los puntos donde comienza la kilometración nominal. Existe un offset dependiendo de donde haya comenzado la medición GPS. Este se ha añadido para tener el mismo origen

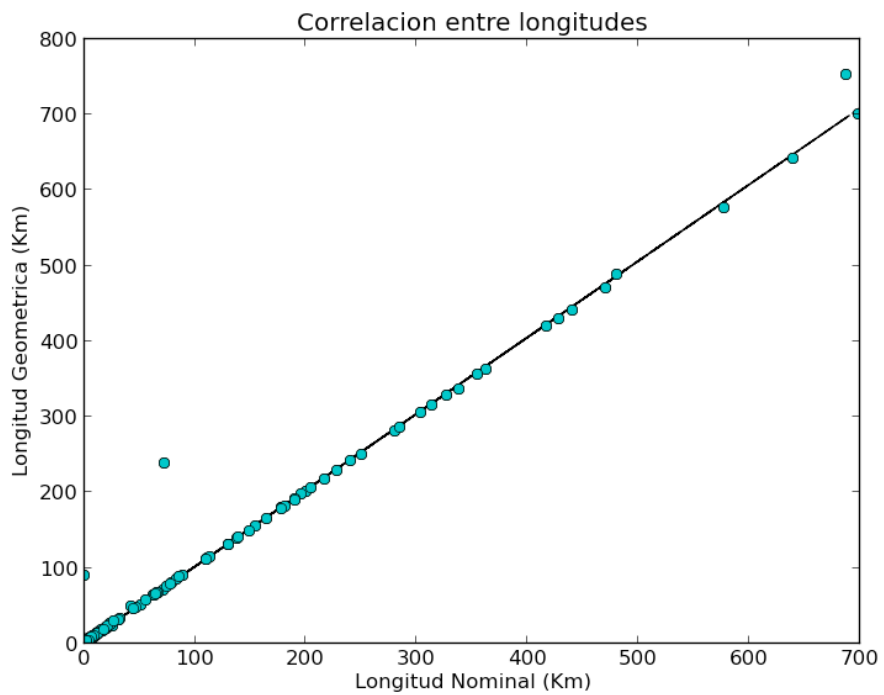


Fig 6. Correlación entre las longitudes nominales y reales de las líneas

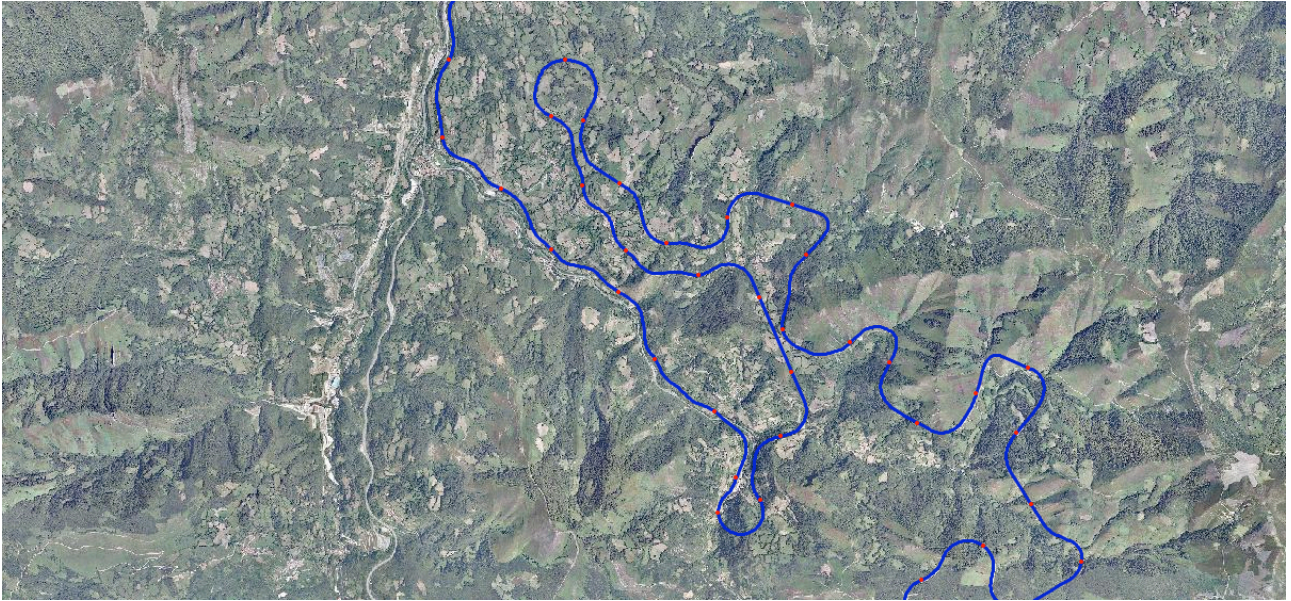


Fig 7. Resultado el geoproceso de localización de los PK reales (rojo) sobre la línea (azul) a partir en la zona de Pajares

A partir de estas líneas disueltas, se ha segmentado cada una de ellas a intervalos de 1km aplicando un geoproceso que devuelve la posición X' , Y' de cada PK. A estos los llamaremos Pk reales.

De esta forma tenemos X', Y' , las posiciones UTM de cada Pk real, y X, Y , las posiciones UTM de los Pk nominales.

Como fuente de datos de los PK nominales con su correspondiente posición, se ha tomado la posición de la cada Estación. En la Consigna Serie A de cada estación de ADIF se encuentra el PK en el que se sitúa cada Estación dentro de cada línea. De esta forma tenemos una relación Estación – KM - línea. PointNode – KM – RailwayLine, en nomenclatura INSPIRE.

Por otra parte disponemos de las posiciones X_0, Y_0 de cada Estación. Ya que esta posición se refiere al edificio de viajeros de la estación, esta encuentra ligeramente desviada de trayectoria de la vía en sí. Para corregir el efecto, se ha aplicado un geoproceso que devuelve la coordenada X, Y , sobre la línea georreferenciada.

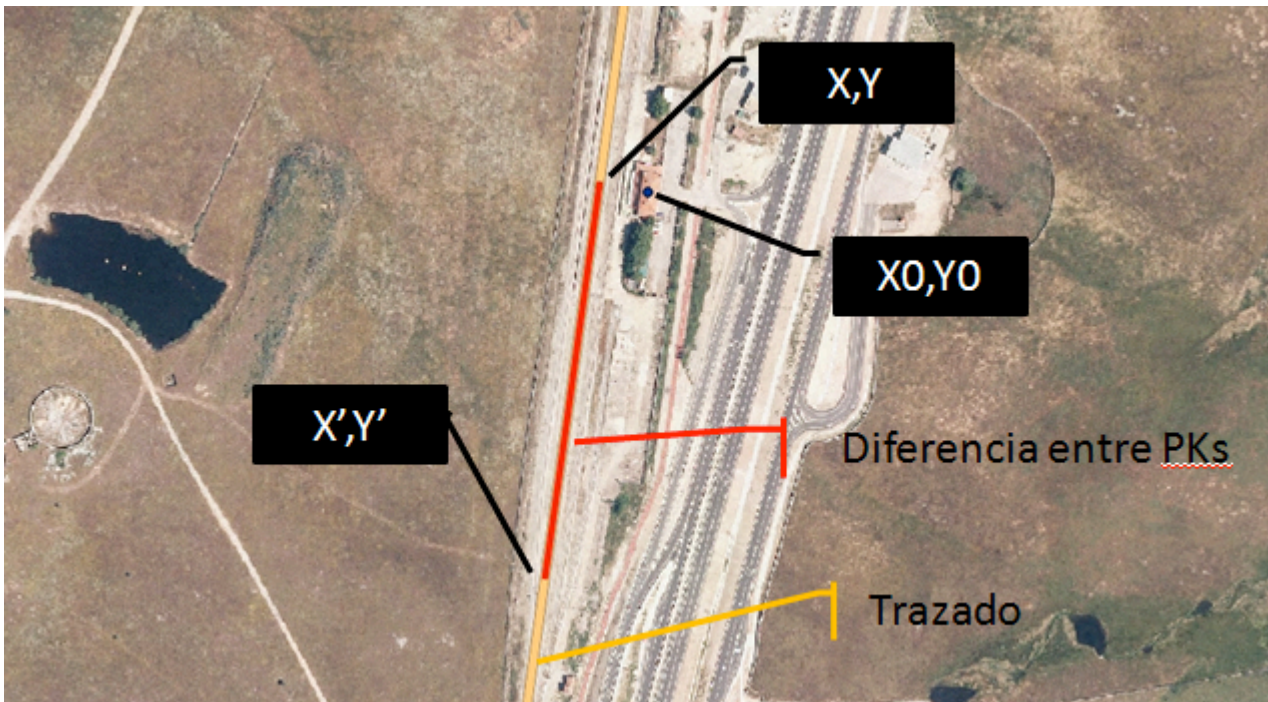


Fig. 8 Resultado de la desviación de la posición X0, Y0 de la línea y su proyección calculada

En la figura anterior, la línea amarilla representa el trazado ferroviario, el punto azul la posición de la estación (X0,Y0), su proyección sobre el trazado representa las coordenadas X,Y, y la línea roja representa la diferencia entre esta posición y el PK real.

A partir de esta información se ha creado una tabla PostGIS con la información RailwayNode – RailwayLine – KM – geom(point(X,Y)), con lo que cada registro define la posición de los Pknominales en coordenadas UTM

Por otra se ha tomado la geometría almacenada de cada línea en otra tabla PostGIS. A esta se ha aplicado un geoproceto de segmentación dinámica, que devuelve, para cada punto de la tabla de PKNominales, la posición UTM de cada KM, a la que llamaremos X',Y'. Esto nos devuelve el Pkreal descrito más arriba. Con esta información se ha añadido esta posición a la tabla anterior, quedando la estructurada

RailwaNode – RailwayLine – KM – PKn= geom(point(X,Y)) – Pkr =geom(point(X',Y'))

Por último, la diferencia entre ambas se obtiene aplicando un geoproceto consistente en

distancia = Length(point(X,Y),point(X',Y'))

Las funciones utilizadas son las definidas por el OGC, por lo que permiten tratar cualquier complejidad en las geometrías

Sin embargo, esta no es esta la mejor metodología, ya que en muchas de las líneas estudiadas, se producen saltos de kilometración, lo que hace imposible obtener una función que relacione ambos puntos.

Por este motivo, se ha optado por realizar una tabla de correspondencia entre ambos valores. Para ello se ha calculado, para cada X,Y, de cada estación, el Pkreal al que corresponde en la geometría. Un proceso inverso al anterior

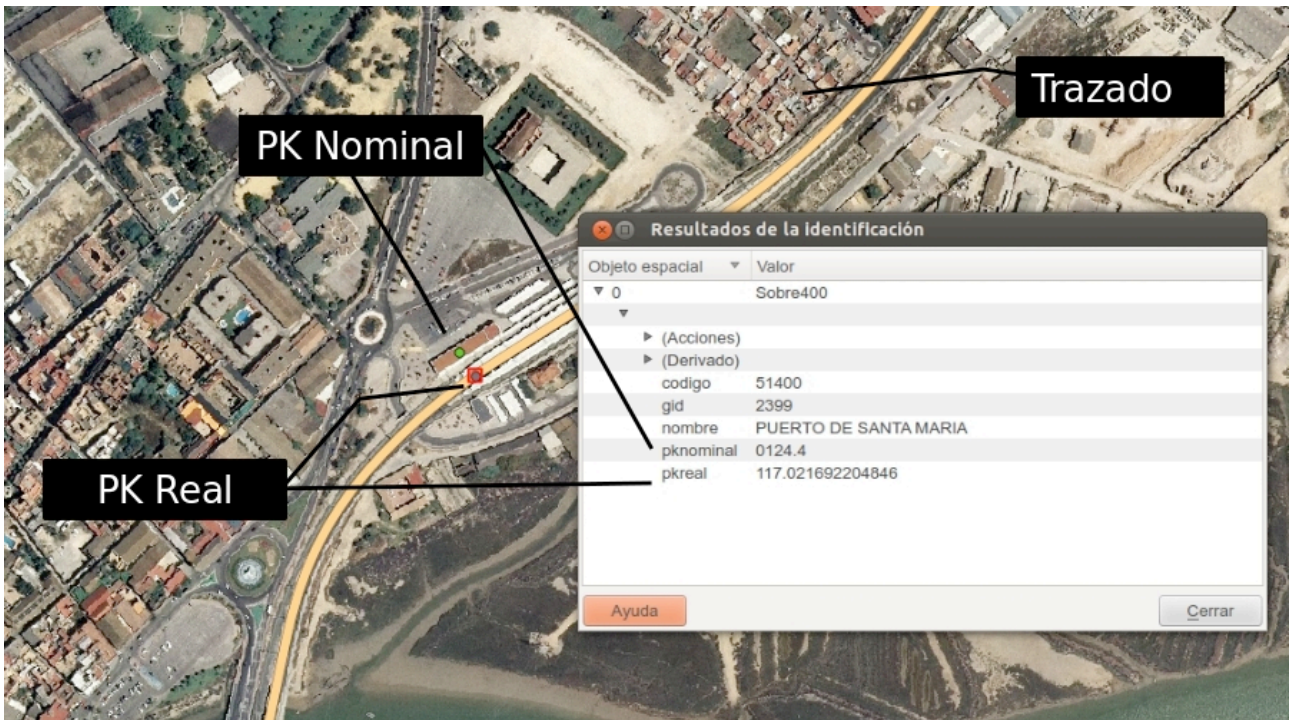


Fig.9 Situación del PK nominal (verde) y PK real (rojo) sobre la línea

Este mismo proceso se ha aplicado a la capa de Pks del IGN con lo que en total se dispone de más de 9800 puntos de referencia con los que se puede hacer la conversión de uno a otro

Ejemplos de uso

Una vez creadas las tablas auxiliares mediante la metodología anterior, se puede conocer el PK nominal a partir del real y viceversa. Dado un PK nominal a representar, se determina el intervalo al que pertenece y se obtiene su correspondiente real. Aplicando un algoritmo de segmentación dinámica, se obtienen las coordenadas geográficas correspondientes al mismo

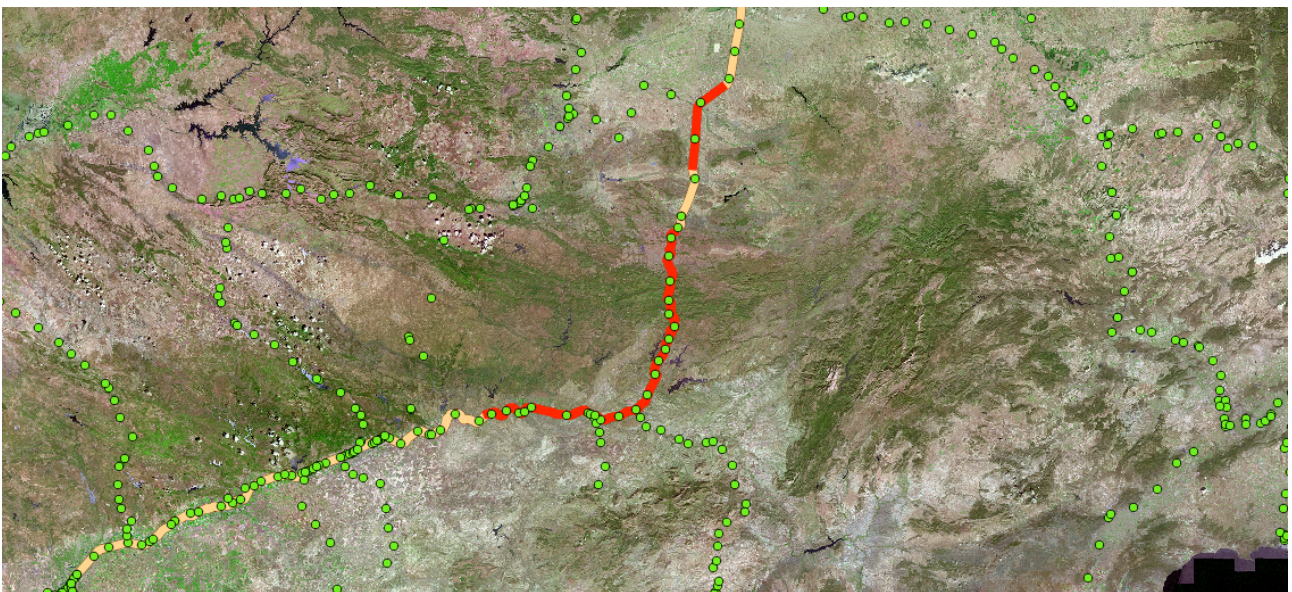


Fig. 10. Representación de dos tramos de la línea 400

Otro uso es posicionar un evento a partir de sus coordenadas GPS sobre la línea, y obtener su PK nominal, de forma que sea posible informar a un maquinista, o cualquier personal de vía.

A partir de la posición GPS es sencillo conocer el PK real más cercano, por lo que se ha acometido el problema de conocer el PK nominal.

En la figura, se han obtenidos las coordenadas con un GPS. A partir de ellas se calcula el punto más cercano a la vía, lo que devuelve su PK real. Usando de nuevo, la tabla de conversión, se obtiene el PK nominal.



Fig 11. Posicionamiento y kilometración a partir de coordenadas geográficas

Por último, sería posible calcular la distancia Manhattan añadiendo el sistema de grafos asociado a la geometrías de carreteras.

Para la implementación de los algoritmos anteriores, se han desarrollado un conjunto de programas en Python que toma como datos de entrada la topología de toda la red almacenada en las tablas PostGIS y devuelve la tabla y gráficos del apartado siguiente.

Resultados

Como resultado del análisis de los Pks proporcionados por el IGN, se ha creado una capa con esta asociación, añadiendo el atributo COD_LINEA y actualizado la información de la BTN25, de forma que sea más fácil asociar cada uno a su línea correspondiente

Para llevar a cabo las conversiones, se ha desarrollado una base de datos específica PostGIS con la información y los programas necesarios.

En la siguiente figura se pueden observar diferentes tipos de correlaciones para diferentes tipos de líneas aplicando el algoritmo propuesto

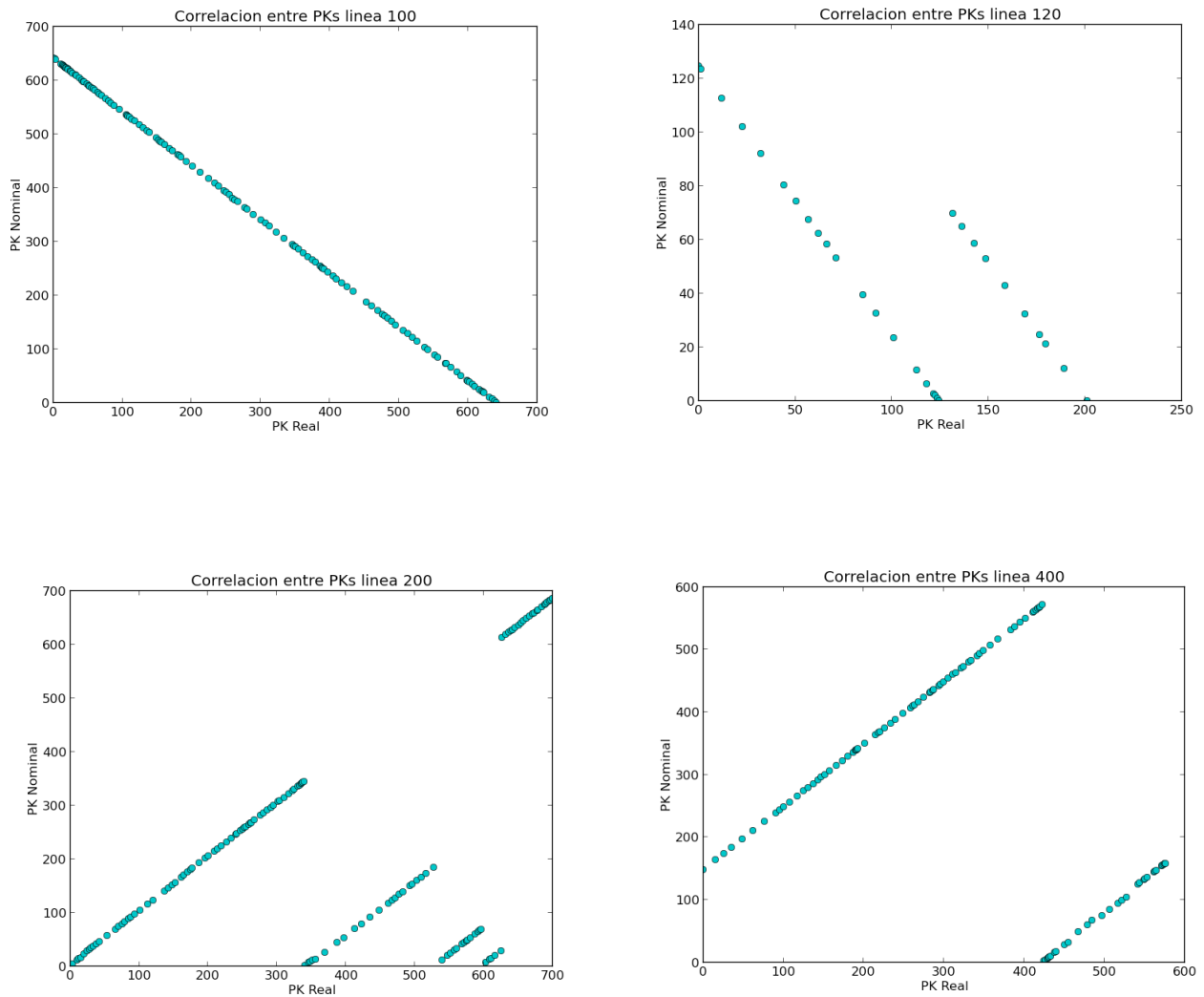


Fig 12. Correlación resultante en varias líneas

Como puede verse, la casuística encontrada es diversa. La mayoría de los casos responde al caso de líneas como la 100, en la que existe una total correlación lineal entre ambos valores. En otros, como el caso de la línea 120, existen saltos en el kilometraje nominal, comenzando en un KM diferente al cero. Un caso similar son los que se asemejan al de la línea 400, con saltos para comenzar de nuevo en el cero. En escasas ocasiones, se tiene un comportamiento mucho más complejo, como en el de la línea 200. Aquí encontramos no solo saltos, sino que se dan los dos casos anteriores, en los que después del mismo, se comienza en el cero o en otro KM.

La problemática derivada de estas circunstancias se traduce que en algunos casos, dentro de la misma línea, los PK nominales, se repiten. En el caso de la línea 120, por ejemplo, existen 2 KM 40, o en el de la línea 200, se pueden encontrar hasta cuatro KM 20. En estos casos, para identificar unívocamente el PK, se hace necesario indicar los RailwayNode colaterales.

El algoritmo desarrollado, cubre toda la casuística y en el ANEXO I se incluye un catálogo con todas las líneas

Por último, se ha elaborado una tabla con las estaciones en las que se detecta el cambio de kilometraje. De esta forma quedan identificadas las líneas y estaciones limítrofes

Línea	Estación	Línea	Estación
020	KM. 54.215	436	MZAMBRANO-AGK0.7
070	TARDIENTA	440	BIF. CARTUJA
100	IRUN	500	LEGANES
120	LA ALAMEDILLA	528	PEÑARROYA-P NUEV (Plena vía)
130	SANTIBAÑEZ	600	VALENCIA-LA FONT
130	GRIJOTA	600	TARRAGONA
200	MIRAFLORES	610	CAMINREAL-FTES.
200	LLEIDA-PIRINEUS	700	ALFARO
200	PLANA-PICAMOIXON	762	PRAVIA
202	BIF.VALCORBA	764	PALOMAR
204	JACA	764	PARTEAYER
210	REUS	764	MIERES-VASCO
214	C.I.M. DE ZARAGO	764	UJO TARUELO
222	CAMPDEVANOL	764	PIÑERES
262	BARNA-CLOT-ARAGO	764	SANTA ANA-SOTO
276	B.SAG.AG.KM 2.1	780	BILBAO-CONCORDIA
300	SOL (APD)	780	GÜEÑES
300	LA ENCINA	780	VALDECILLA-LA MA
304	VALENCIA-LA FONT	790	ZALLA
310	UTIEL	790	BALMASEDA
310	EL REBOLLAR	790	GUARDO-APEADERO
322	PULPI	790	SORRIBA
322	PTO. LUMBRERAS	790	LA LOSILLA
336	BUTANO S.A.	790	BARRIO LAS OLLAS
400	SEVILLA-S. JUSTA	910	PIRAMIDES
420	BIF. MARAVILLAS	920	EMBAJADORES
426	ANTEQUERA		
430	CORDOBA-EL HIGUE		

Tabla 1. Ejemplo de Líneas y Puntos de cambio de kilometraje

Conclusión

Se ha constatado la diferencia existente entre los Hitos que marcan la posición de los Pks nominales y su posición geométrica en la vía. Esto hace inviable que se usen las posiciones geográficas GPS, directamente para relacionar eventos físicos, haciéndose necesaria una conversión de estos a nominales, si se quiere que sean entendibles por el personal de vía. De forma similar, cualquier intento de representar los Pks nominales, deben ser transformados a reales.

Se ha mejorado la base de datos de Pks del IGN asociando cada uno de ellos a la línea correspondiente de ADIF

Se ha desarrollado un algoritmo que permite el cálculo de la diferencia entre la posición de los PK reales y PK nominales de las líneas de ferrocarril, que se utilizan para referenciar cualquier evento sobre la infraestructura ferroviaria. La precisión del resultado mejorará cuanto más precisa sea la geometría de vía que se elija y el número de referencias.

Agradecimientos

Desde aquí el agradecimiento de los autores a IDEAdif y el IGN por haber aportado los datos para el presente estudio

Referencias

Declaración de Red, ADIF 2013

http://www.adif.es/es_ES/conoceradif/declaracion_de_la_red.shtml

Base Topográfica Nacional 1:25.000 IGN

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/catalogo.do>

[PK_FC_PESOS.shp] Exportación de la base de datos de PKs del IGN

“ISS nocturnal images as a scientific tool against Light Pollution”, Zamorano, Sánchez de Miguel, A, Pascual S, Gómez Castaño, J, Ramírez, P., Challupner, P., LICA Report, 2011 (<http://eprints.ucm.es/12729/#!>)

“Evolution of electric power consumption from DMSP-OLS satellite data”, Sánchez de Miguel y otros, 2012, Poster X Sociedad Española de Astronomía Meeting,

"Evolution of the energy consumed by street lighting in Spain estimated with DMSP-OLS data", Alejandro Sánchez de Miguel, Jaime Zamorano, José Gómez Castaño, Sergio Pascual, *JQRST* (2014) <http://dx.doi.org/10.1016/j.jqsrt.2013.11.017>

