Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

INGENIERÍA TÉCNICA EN TOPOGRAFÍA

PROYECTO FINAL DE CARRERA

PROYECTO DE NUEVO ACCESO A LA "UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA" DESDE LA BV-1414 DEL T.M. SANT CUGAT DEL VALLÈS.

Proyectista: ELIA IBAÑEZ CANILLO

Director: F. JAVIER TRE GARCÍA

Enero 2011

RESUMEN DEL PROYECTO

OBJETIVO

El objetivo planteado a la hora de realizar la elección del proyecto era poder desarrollar un proyecto en el que se pudiera aplicar la mayor cantidad posible de los conocimientos adquiridos en los estudios de Ingeniería Técnica en Topografía, donde se pasara desde la fase inicial de toma de datos en campo y de tratamiento de éstos en gabinete hasta la creación de un trazado en planta y alzado sobre el terreno levantado. En base a este planteamiento, la elección fue optar por la creación de un trazado que transcurriera por una zona que permitiera aplicar el máximo número posible de elementos geométricos que intervienen en un trazado teniendo en cuenta todos los parámetros técnicos impuestos por la Normativa 3.1 de Trazado de Carreteras y además produciendo el mínimo impacto medioambiental equilibrando el movimiento de tierras entre desmonte y terraplén.

MÉTODOS

Por una parte, para el levantamiento del terreno se ha hecho una *poligonal* de once estaciones donde la primera no es la misma que la última. Para dar coordenadas conocidas a los dos extremos de la poligonal se ha creado una red GPS apoyada en nuestras observaciones y en la CatNet. A partir de éstas, después de comprobar que los errores de la poligonal entran en tolerancia, se calculan las coordenadas del resto de estaciones mediante el método de mínimos cuadrados. Seguidamente, para la obtención de los *planos del levantamiento* se importan los puntos radiados con sus claves al programa utilizado Autocad mediante un conversor de Excel a DXF.

Por otra parte, se ha diseñado un *trazado* de 1,3 km enlazando una carretera y una glorieta existentes. Para ello se ha utilizado el programa CLIP en el cual primeramente se ha importado nuestro levantamiento y la cartografía de la zona descargada desde el ICC para iniciar el diseño en planta, posteriormente en alzado y finalmente la sección transversal. Se han utilizado todos los elementos geométricos de cada apartado teniendo en cuenta la Normativa 3.1 de Trazado de Carreteras y el medioambiente. Todos los *planos del trazado*, sus *secciones* y *mediciones* se han obtenido mediante el mismo programa.

RESULTADOS

En relación con la primera parte, se muestran las coordenadas compensadas de todas las estaciones de la poligonal.

	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	424754,274	4592801,436	122,157
2	424725,303	4592930,026	127,279
3	424819,344	4593124,178	117,440
4	424937,545	4593208,535	127,464
5	424968,176	4593432,123	133,892
6	425090,402	4593628,568	153,229
7	425214,742	4593501,338	136,377
8	425453,570	4593692,829	134,978
9	425676,414	4593837,864	131,168
10	425509,170	4593820,070	132,191
11	425352,370	4593733,556	143,219

Y en relación con la segunda, se expone el estado de alineaciones del trazado.

Elemento	Estación	Longitud	Coord. X	Coord. Y	Acimut	Radio	Param.	X Centro	Y Centro
RECTA	0+000,000	0,000	424.646,285	4.593.014,414	61,0677	infinito			
RECTA	0+242,338	242,339	424.844,702	4.593.153,549	61,0677	infinito			
CLOTOIDE	0+353,894	111,556	424.934,821	4.593.219,275	57,5167	-1.000	334	424.315,934	4.594.004,755
CURVA	0+631,874	277,980	425.126,609	4.593.419,260	39,8200	-1.000		424.315,934	4.594.004,755
CLOTOIDE	0+743,430	111,556	425.188,509	4.593.512,048	36,2690	infinito	334		
CLOTOIDE	0+826,662	83,232	425.235,316	4.593.580,841	41,5678	500	204	425.632,465	4.593.277,077
CURVA	1+030,853	204,191	425.388,608	4.593.713,579	67,5662	500		425.632,465	4.593.277,077
CLOTOIDE	1+114,085	83,232	425.463,386	4.593.750,068	72,8649	infinito	204		
RECTA	1+284,048	177,997	425.625,458	4.593.823,661	72,8649	infinito			

CONCLUSIÓN

Se determina que los procesos de cálculo y de diseño del trazado han dado resultados coherentes y esperados. Por ello se valoran satisfactoriamente ambas partes del proyecto cumpliendo los objetivos propuestos inicialmente.

ÍNDICE

1. Introducción……...…4
2. Trabajo de gabinete……...…5
2.1. Obtención de coordenadas (GPS)……...…7
2.2. Poligonal……...10
2.3. Coordenadas aproximadas……11
2.4. Tolerancias…….……...…12
2.4.1. Tolerancia planimétrica……....12
2.4.2. Tolerancia altimétrica……...…15
2.5. Compensación de coordenadas aproximadas……16
2.6. Radiación…….....20
2.7. Planos del levantamiento..……....20
3. Trazado…….....25
3.1. Introducción……..…....25
3.2. Trazado en planta……..26
3.2.1. Normativa trazado en planta…….…....26
3.2.1.1. Alineaciones rectas……...26
3.2.1.2. Curvas circulares…….……..27
3.2.1.3. Curvas de transición……..28
3.2.1.4. Glorietas……....28
3.2.2. Características del eje principal…….…...…29
3.2.3. Características de la glorieta…….……....30
3.3. Trazado en alzado…….....31
3.3.1. Normativa trazado en alzado……...….31
3.3.1.1. Inclinación de las rasantes…...…….……...….31
3.3.1.2. Acuerdos verticales……...…32
3.3.1.3. Transición de peraltes…….....32
3.3.2. Características del eje principal……34
3.3.3. Características de la glorieta…….……...…….35
3.4. Sección transversal……..…….....…36
3.4.1. Calzada y arcenes……..…36
3.4.2. Firmes…….…..36
3.4.3. Cunetas…….……36
3.4.4. Peraltes ……37
3.5. Planos trazado planta……...……...……..37
3.7. Planos longitudinales……42
3.8. Planos transversales……..……46
4. Impacto medioambiental……...……..50
4.1 Introducción……..……50
4.2 Medidas correctoras generales……...……50
5. Muestras en 3D……51
6. Conclusión……54
7. Bibliografía……...……54
8. Anexos……...…55
9. Contenido del CD ……55

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto se basa en la creación de un trazado de un vial enlazando la Carretera de Bellaterra BV-1414 en el PK 0+885 situado en el término municipal de Sant Cugat del Vallès con la rotonda de la salida de la B-30 "*Universitat Autònoma de Barcelona*" situada en término municipal de Cerdanyola del Vallès.

Fig. 1. Situación de la zona.

El proyecto se estructura en cinco partes:

- Primer bloque:
- Introducción del proyecto y explicación de los objetivos.

- Segundo bloque. *Levantamiento*:
- Obtención de las coordenadas base mediante GPS.
- Cálculo de la poligonal:
    - Tolerancias de cierre
    - Coordenadas aproximadas.
    - Compensación con el método de mínimos cuadrados.
- Obtención de las coordenadas definitivas.
- Listado de puntos radiados.
- Plano topográfico.

- Tercer bloque. *Trazado*:
- Descripción del trazado de la vía con los parámetros técnicos utilizados a la hora de crearlo según la normativa 3.1 de trazado de carreteras.
- Estado de alineaciones tanto en planta como en alzado.
- Planos.

- Cuarto bloque:
- Impacto medioambiental que sufrirá el entorno y medidas correctoras.

- Quinto bloque:
- Muestras reales en 3D del diseño de la carretera.

2. TRABAJO DE GABINETE

La estación total empleada para el levantamiento topográfico ha sido la estación total "Trimble Servoasistida 5601 DR200+."

Fig 2. Estación Total Trimble Servoasistida 5601 DR200+

Las especificaciones generales de ésta estación total son:

-Fuente de luz:

Diodo láser de 660 nm
Láser de clase 1 en modo Prisma
Láser de clase 2 en modo Reflexión Directa

-Puntero láser coaxial (Estándar)

Láser de clase 2

-Divergencia del rayo de luz en modo DR

Horizontal	0.4 mrad (2 cm/50m)
Vertical	0.8 mrad (4 cm/50m)

-Divergencia del rayo de luz en modo Prisma

Horizontal	1.4 mrad (14 cm/100m)
Vertical	2 mrad (20 cm/100m)

- Corrección atmosférica

-60 a 195 x 10-6 continuamente

- Nivelación

Nivel circular en plataforma nivelante 8'/2 mm
Nivel electrónico de dos ejes en pantalla de cristal líquido, resolución de 6"

-Centrado

Sistema de centrado	Trimble de 3 contactos
Plomada óptica	Plomada óptica de la plataforma Nivelante
Aumentos	24 x

Precisión angular:

-Horizontal y vertical

Seguimiento	0,0006 gon
Angulo horizontal i vertical	0,0003 gon

Precisión en distancias:

- Prisma

Medición estándar	$\pm(2\ mm + 2\cdot10^{-6}\cdot D)$
Medición estándar rápida	$\pm(3\ mm + 2\cdot10^{-6}\cdot D)$
Seguimiento	$\pm(5\ mm + 2\cdot10^{-6}\cdot D)$
Valor de la media aritmética (Barra D)	$\pm(2\ mm + 2\cdot10^{-6}\cdot D)$

-Hoja reflectante

Medición estándar	$\pm(3\ mm + 2\cdot10^{-6}\cdot D)$
Medición estándar rápida	$\pm(3\ mm + 2\cdot10^{-6}\cdot D)$
Seguimiento	$\pm(5\ mm + 2\cdot10^{-6}\cdot D)$
Valor de la media aritmética (Barra D)	$\pm(3\ mm + 2\cdot10^{-6}\cdot D)$

-Modo de Reflexión Directa

Medición estándar	$\pm(2\ mm + 2\cdot10^{-6}\cdot D)$
Medición estándar rápida	$\pm(5\ mm + 2\cdot10^{-6}\cdot D)$
Seguimiento	$\pm(10\ mm +2\cdot10^{-6}\cdot D)$
Valor de la media aritmética (Barra D)	$\pm(3\ mm + 2\cdot10^{-6}\cdot D)$

-Mínima distancia posible:

Al prisma	1,5 m
Reflexión Directa	1,5 m
Hoja reflectante	2,5 m

El GPS estático empleado para la obtención de las coordenadas GPS ha sido "Leica GPS1200+ Series":

Fig 3. Leica GPS1200+Series

Las especificaciones generales de esta estación GPS son:

Receptor GX1220:

- GNSS technolog: SmartTrack
- Tipo: Doble frecuencia
- Canales: 16 L1 + 16 L2 GPS
  4 SBAS
  (con opción DGPS)
- Ampliado a GX1230+ GNS: Si
- RTK: No
- Puertos: 1 puerto de alimentación, 3 puertos seriales, 1 puerto de controlador, 1 puerto de antena
- Tensión de alimentación: ,Nominal 12 VCC
- Consumo: receptor 4,6 W + controlador + antena
- Entradas y PPS: 1 puerto de salida PPS
  2 puertos de entrada
- Antena estándar: SmartTrack+ AX1203+ GNSS
- Plano de tierra integrado: SI

2.1. OBTENCIÓN DE COORDENADAS (GPS)

La primera tarea en realizar después de la toma de datos en campo es obtener las coordenadas en ETRS89 de algunas bases de la poligonal para a posteriori calcular las restantes a partir de éstas.

DATOS DE PARTIDA

- Mediante GPS estático se han observado en campo los dos puntos iniciales y dos finales de la poligonal. Por lo tanto, se tiene *observaciones GPS* de las estaciones 1, 2, 10 y 11.

- Nos descargamos la *estación permanente* "Les Planes" situada a 15 km de la zona de trabajo.

- Al no disponer de otra estación permanente situada lo suficientemente cerca para dar buena precisión al resultado, creamos una *estación virtual* por la zona del "Aeropuerto de Sabadell", situada a 5 km de la zona de trabajo, desde la estación permanente Mataró que está a 30 km.

Ambas *estaciones* en períodos coincidentes a las *observaciones* en campo.

Con estos datos de partida realizamos el post-proceso con el programa SKY-pro.

POST-PROCESO

Antes de ejecutar cualquier post-proceso ajustamos los parámetros L1 y L2 de la antena utilizada (L1= 0'110, L2=0'128).

1. *Primer paso*: Por una parte, intervienen las observaciones primeras 1 y 2, y la estación virtual descargada en un período coincidente a las anteriores. Por otra parte, intervienen las observaciones últimas 10 y 11, y la estación virtual descargada en un período coincidente a éstas últimas. Ponemos las estaciones virtuales como referencia, en rojo, quiere decir que las cuatro estaciones al post-procesar obtendrán resultados en base a las estaciones virtuales.

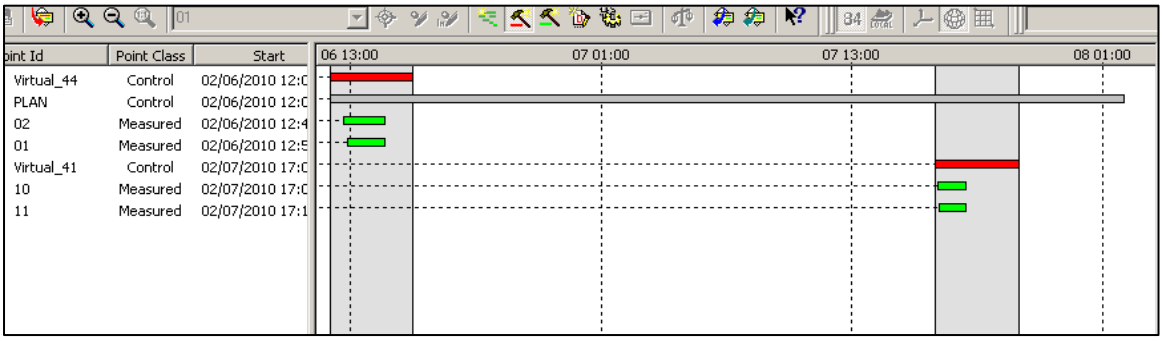


Fig. 4. Pantalla SKY-pro con la estación virtual como referencia.

2. *Segundo paso*: Intervienen las cuatro observaciones y la estación permanente descargada en un período coincidente a todas las anteriores. Ponemos la estación como referencia, de este modo, los puntos 1, 2, 10 y 11 obtendrán resultados en base a ésta.

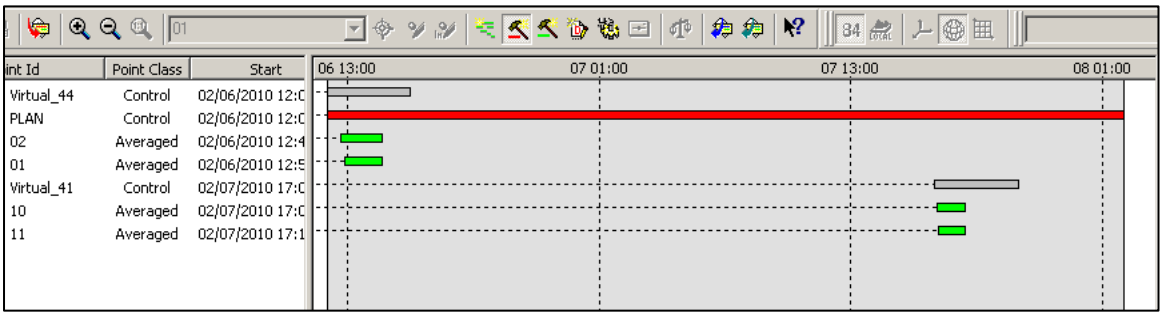


Fig. 5. Pantalla SKY-pro con la estación permanente como referencia.

3. *Tercer paso*: Para acabar, intervienen únicamente las observaciones. Nos permitirá tener un buen ajuste de la red. De manera aleatoria, ponemos las estaciones 2 y 10 como referencia.

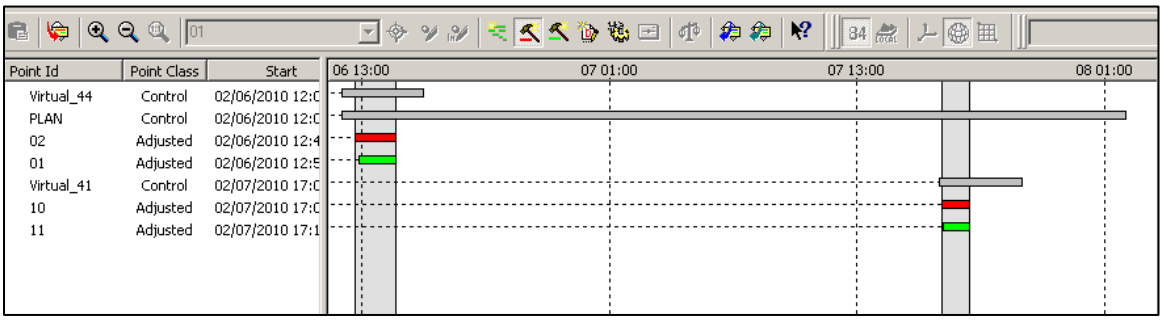


Fig. 6. Pantalla SKY-pro con las estaciones 2 y 10 como referencia.

Al finalizar estos tres pasos se pueden ver los vectores entre las estaciones virtual y permanente y las observaciones de campo.

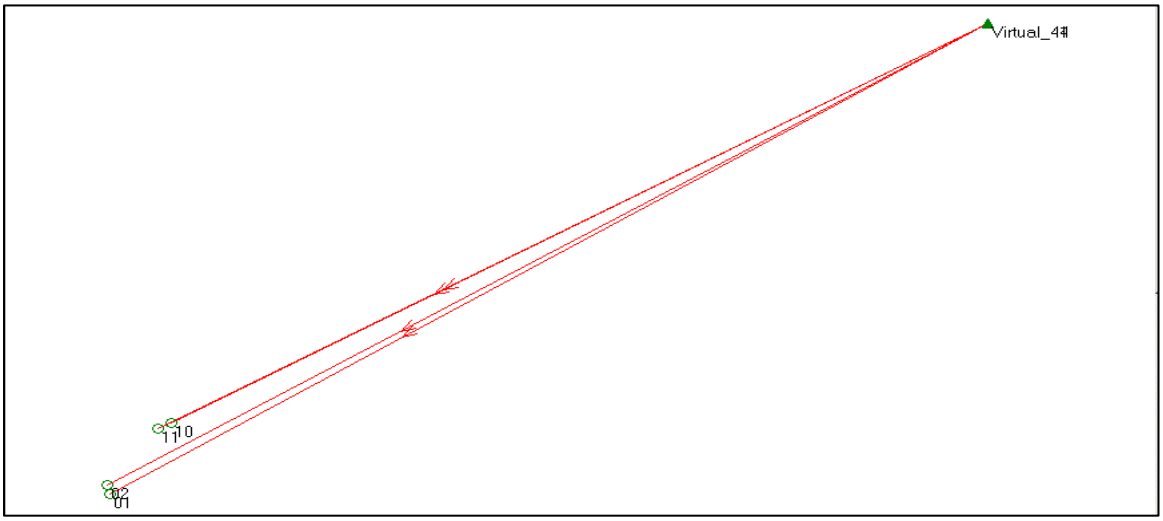


Fig. 7. Vectores entre la estación virtual y las observaciones 1, 2, 10 y 11. (Resultado primer paso)

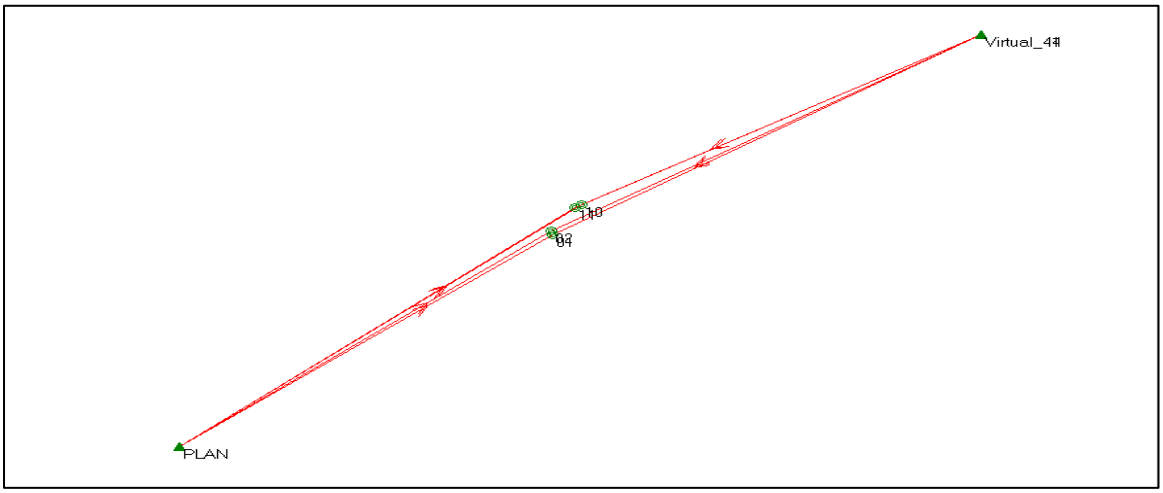


Fig. 9. Vectores entre la estación permanente y las observaciones 1, 2, 10 y 11. (Resultado segundo paso)

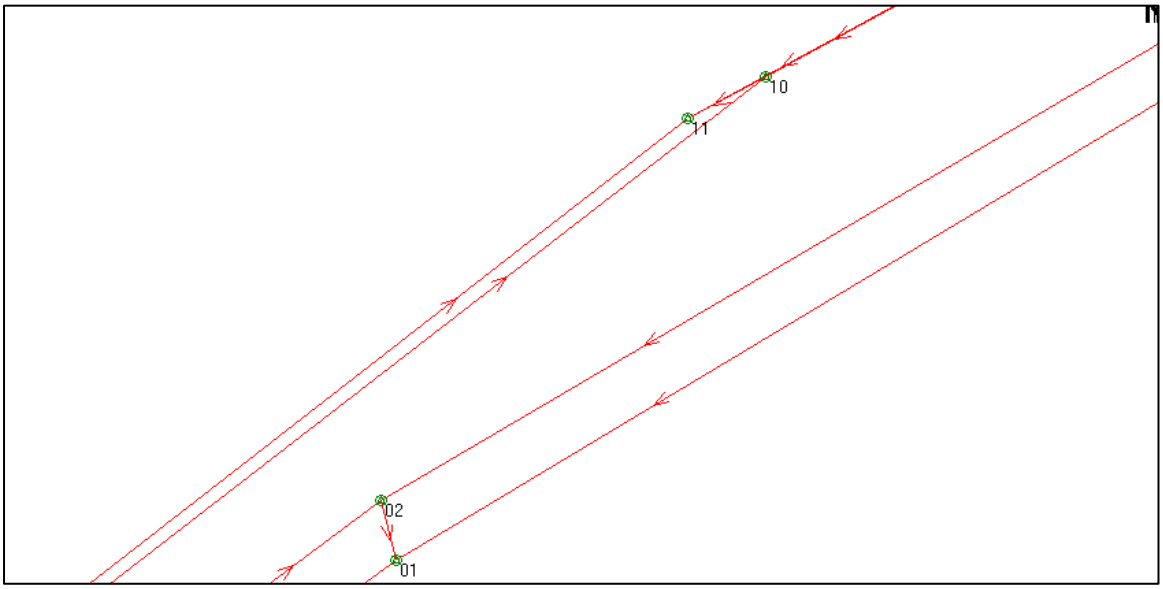


Fig. 10. Vectores entre las observaciones 1, 2, 10 y 11. (Resultado tercer paso)

Ajustamos la red y como resultado se obtienen las siguientes coordenadas ajustadas:

int Id	Point Class	Epoch	Latitude	Longitude	Ellip. Hgt.	Ortho. Hgt.	Geoid Sep.	Posn. + Hgt. Qlty
PLAN	Control	02/06/2010 12:00:00	41° 25' 06.68955" N	1° 59' 13.02625" E	319.9546	-	-	0.0000
Virtual_44	Control	02/06/2010 12:00:00	41° 32' 40.03740" N	2° 13' 39.09110" E	119.2320	-	-	0.0000
Virtual_41	Control	02/07/2010 17:00:00	41° 32' 40.03742" N	2° 13' 39.09106" E	119.2320	-	-	0.0000
01	Adjusted	08/07/2010 19:22:46	41° 28' 59.85336" N	2° 05' 55.27627" E	171.4084	-	-	0.0112
02	Adjusted	08/07/2010 19:22:46	41° 29' 04.01281" N	2° 05' 53.96974" E	176.4519	-	-	0.0106
10	Adjusted	08/07/2010 19:22:46	41° 29' 33.13438" N	2° 06' 27.37113" E	181.5291	-	-	0.0087
11	Adjusted	08/07/2010 19:22:46	41° 29' 30.27668" N	2° 06' 20.64859" E	192.4655	-	-	0.0088

Fig. 11. Coordenadas de las estaciones 1, 2, 10 y 11 ajustadas.

Se pasa de coordenadas geodésicas a geográficas y se calculan los acimutes y las distancias de las bases de 1 a 2 y de 10 a 11.

Coordendas UTM Huso 31N (ETRS89)					
1	**Coord. Geodésicas**		**Coord. Geográficas**	**Acimut tramo 1-2**	
Latitud	41° 28' 59.85334" N	X	424754,274 E (m)		
Longitud	2° 05' 55.27626" E	Y	4592801,436 N (m)	385,8975	gon
altura (h)	171,4091 m	H	122,157 m		
2	**Coord. Geodésicas**		**Coord. Geográficas**	**Distancia tramo 1-2**	
Latitud	41° 29' 04.01283" N	X	424725,313 E (m)		
Longitud	2° 05' 53.96975" E	Y	4592930,027 N (m)	131,8119	m
altura (h)	176,4519 m	H	127,200 m		
10	**Coord. Geodésicas**		**Coord. Geográficas**	**Acimut tramo 10-11**	
Latitud	41° 29' 33.13437" N	X	425509,158 E (m)		
Longitud	2° 06' 27.37112" E	Y	4593820,074 N (m)	267,8994	gon
altura (h)	181,5292 m	H	132,284 m		
11	**Coord. Geodésicas**		**Coord. Geográficas**	**Distancia tramo 10-11**	
Latitud	41° 29' 30.27669" N	X	425352,370 E (m)		
Longitud	2° 06' 20.64859" E	Y	4593733,556 N (m)	179,0750	m
altura (h)	192,4656 m	H	143,219 m		

Ya tenemos los datos de partida para empezar a calcular el cierre de la poligonal.

2.2 POLIGONAL

El método establecido para la toma de datos ha sido estacionar en el primer punto de coordenadas fijas y leer el ángulo horizontal, el ángulo vertical y la distancia geométrica en círculo directo e inverso al punto anterior y posterior.

Se ha realizado una poligonal encuadrada. Se parte de las coordenadas obtenidas en GPS y transformadas a ETRS89 de la estación 1 y el acimut de 1 a 2 y se cierra con las coordenadas también observadas de la estación 11.

Todos los datos del estacionamiento y lecturas se apuntan en un estadillo de campo y a continuación se muestran los datos recogidos:

Estación	Punto Visado	Altura aparato (m)	Altura prisma (m)	Lecturas horizontales (gon)			Lectura vertical (gon)			Distancia Geométrica (m)	Distancia Reducida (m)	Altura t (m)	Δz
				CD (gon)	CI (gon)	Bessel	CD (gon)	CI (gon)	Bessel				
1	2	1,461	1,520	156,3292	356,3184	156,3238	97,5353	302,4713	97,5320	131,961	131,862	5,114	5,055
2	1	1,453	1,520	163,2260	363,2232	163,2246	102,4125	297,5896	102,4115	131,953	131,858	-4,997	-5,064
	3	1,380	1,520	6,0506	206,0386	6,0446	102,8894	297,1069	102,8913	216,024	215,801	-9,807	-9,947
3	2	1,266	1,520	243,3473	43,3428	243,3451	96,9908	303,0073	96,9918	216,044	215,803	10,205	9,951
	4	1,266	1,520	75,1686	275,1672	75,1679	95,0799	304,9182	95,0809	145,699	145,264	11,247	10,993
4	3	1,296	1,520	186,0529	386,0493	186,0511	104,7025	295,2962	104,7032	145,666	145,268	-10,752	-10,976
	5	1,296	1,520	334,1811	134,1784	334,1798	98,1558	301,8427	98,1566	225,851	225,756	6,539	6,315
5	4	1,325	1,520	354,2449	154,2426	354,2438	101,7244	298,2777	101,7234	225,839	225,756	-6,113	-6,308
	6	1,325	2,520	181,0109	381,0080	181,0095	94,3982	305,6008	94,3987	232,340	231,441	20,416	19,221
6	5	1,413	2,520	104,0036	304,0023	104,0030	104,9796	295,0189	104,9804	232,153	231,443	-18,143	-19,250
	7	1,413	1,520	19,2989	219,2973	19,2981	106,0034	293,9943	106,0046	178,753	177,958	-16,835	-16,942
7	6	1,422	1,520	330,2480	130,2446	330,2463	93,9222	306,0735	93,9244	178,776	177,962	17,036	16,938
	8	1,395	1,520	36,4940	236,4901	36,4921	100,2960	299,7022	100,2969	306,229	306,226	-1,428	-1,553
8	7	1,359	1,520	314,2137	114,2128	314,2133	99,6441	300,3550	99,6446	306,231	306,226	1,710	1,549
	9	1,359	1,520	120,5079	320,5073	120,5076	100,9046	299,0943	100,9052	266,007	265,980	-3,782	-3,943
9	8	1,315	1,520	281,6040	81,6043	281,6042	99,0042	300,9910	99,0066	266,011	265,979	4,151	3,946
	10	1,315	1,520	311,5870	111,5865	311,5868	99,5660	300,4311	99,5675	168,250	168,246	1,143	0,938
10	9	1,340	1,520	158,2391	358,2385	158,2388	100,2829	299,7150	100,2840	168,246	168,244	-0,750	-0,930
	11	1,340	1,520	332,8893	132,8874	332,8884	96,0495	303,9414	96,0541	179,486	179,141	11,118	10,938
11	10	1,353	1,520	93,7830	293,7821	93,7826	103,8230	296,1722	103,8254	179,468	179,144	-10,778	-10,945

Con estos datos podemos obtener coordenadas aproximadas de cada una de las bases y con un ajuste de mínimos cuadrados sacamos las coordenadas definitivas.

2.3. COORDENADAS APROXIMADAS

Para empezar calculamos el estadillo de gabinete referenciando las lecturas horizontales al origen para tener los acimutes de cada tramo y junto con las distancias reducidas calculamos coordenadas aproximadas, aunque éstas no son las aproximadas definitivas.

Desorientación poligonal: 229,5737

Tramo	Lectura horizontales (gon)			Acimut (gon)	Distancia red. (m)	Δx	Δy	Δz	Coordenadas UTM aprox ETRS89			PUNTO
	Directa	Reciproca	Ref. origen						x (m)	y (m)	H (m)	
1-2	156,3238	163,2246	156,3238	385,8975	131,8601	-28,9716	128,6380	5,0598	424754,274	4592801,436	122,157	1
2-3	6,0446	243,3451	199,1438	28,7175	215,8020	94,0788	194,2156	-9,9493	424725,313	4592930,027	127,200	2
3-4	75,1679	186,0511	230,96665	60,5403	145,2660	118,2431	84,3847	10,9842	424819,392	4593124,243	117,251	3
4-5	334,1798	354,2438	179,0953	8,6690	225,7563	30,6468	223,6664	6,3114	424937,635	4593208,627	128,235	4
5-6	181,0095	104,0030	205,8610	35,4347	231,4421	122,2727	196,5066	19,2356	424968,282	4593432,294	134,546	5
6-7	19,2981	330,2463	321,1562	150,7298	177,9605	124,3862	-127,2714	-16,9398	425090,554	4593628,800	153,782	6
7-8	36,4921	314,2133	227,4019	56,9756	306,2259	238,9146	191,5572	-1,5510	425214,941	4593501,529	136,842	7
8-9	120,5076	281,6042	233,6963	63,2699	265,9794	222,9247	145,0848	-3,9444	425453,855	4593693,086	135,291	8
9-10	311,5868	158,2388	63,6789	293,2525	168,2450	-167,3009	-17,7988	0,9343	425676,780	4593838,171	131,347	9
10-11	332,8884	93,7826	38,3284	267,9021	179,1427	-156,8510	-86,5440	10,9413	425509,479	4593820,372	132,281	10
									425352,628	4593733,828	143,222	11
10'-11'	-	-	-	267,8994					425352,370	4593733,556	143,219	11'
				ec = 0,0027					ex = 0,2580	ey = 0,2721	ez = 0,0033	
									et = 0,3750			

Las coordenadas aproximadas definitivas se calculan con la distancia UTM de cada tramo. Para ello, es necesario obtenerlas haciendo la reducción de distancias a UTM.

Consiste en las siguientes reducciones:

- Reducción del ángulo de pendiente al terreno.
- Reducción al horizonte.
- Reducción al nivel del mar.
- Paso cuerda-arco.
- Paso del elipsoide a la proyección UTM.

Una vez conseguidas, volvemos a calcular el estadillo de gabinete:

Desorientación poligonal: 229,5737

Tramo	Lectura horizontales (gon)			Acimut (gon)	Distancia UTM. (m)	Δx	Δy	Δz	Coordenadas UTM aprox ETRS89			PUNTO
	directa	reciproca	referida origen						x (m)	y (m)	H (m)	
1-2	156,3238	163,2246	156,3238	385,8975	131,8139	-28,9614	128,5929	5,0598	424754,274	4592801,436	122,157	1
2-3	6,0446	243,3451	199,1438	28,7175	215,7295	94,0472	194,1503	-9,9493	424725,313	4592930,029	127,217	2
3-4	75,1679	186,0511	230,96665	60,5403	145,2173	118,2035	84,3564	10,9842	424819,360	4593124,179	117,268	3
4-5	334,1798	354,2438	179,0953	8,6690	225,6775	30,6361	223,5884	6,3114	424937,563	4593208,536	128,252	4
5-6	181,0095	104,0030	205,8610	35,4347	231,3684	122,2338	196,4440	19,2356	424968,199	4593432,124	134,563	5
6-7	19,2981	330,2463	321,1562	150,7298	177,8995	124,3436	-127,2278	-16,9398	425090,433	4593628,568	153,799	6
7-8	36,4921	314,2133	227,4019	56,9756	306,1181	238,8304	191,4897	-1,5510	425214,777	4593501,340	136,859	7
8-9	120,5076	281,6042	233,6963	63,2699	265,8859	222,8464	145,0339	-3,9444	425453,607	4593692,830	135,308	8
9-10	311,5868	158,2388	63,6789	293,2525	168,1858	-167,2421	-17,7925	0,9343	425676,453	4593837,864	131,364	9
10-11	332,8884	93,7826	38,3284	267,9021	179,0821	-156,7980	-86,5147	10,9413	425509,211	4593820,071	132,298	10
									425352,413	4593733,556	143,239	11
10'-11'	-	-	-	267,8994					425352,370	4593733,556	143,219	11'
				ec = 0,0027					ex = 0,0434	ey = 0,0004	ez = 0,0201	
									et = 0,0434			

Para poder continuar con el cierre de la poligonal, se debe comprobar que los errores de cierre entran en tolerancia.

2.4. TOLERANCIAS

2.4.1. TOLERANCIA PLANIMÉTRICA

1. En función del error angular:

Para *cada visual* se calcula la suma cuadrática del error de verticalidad, de dirección, de puntería y de lectura.

$$e_a = \sqrt{e_v^2 + e_d^2 + e_p^2 + e_l^2} \longrightarrow \begin{cases} e_v = \frac{1}{12} \cdot s'' \\ e_d = \frac{(e_e + e_s)}{D} \cdot r^{cc} \\ e_p = \frac{10''}{A} \cdot \left(1 + \frac{4A}{100}\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \\ e_l = aprec \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \end{cases}$$

Siendo cada elemento: s'' la sensibilidad del nivel tórico, $e_e = i \cdot \sin(\alpha)$ y $e_s = m \cdot \sin(\beta)$ el error de estación y de señal, i la altura de la estación, α la sensibilidad de la base niveladora, m la altura del prisma, β la inclinación estimada del prisma, A son los aumentos del aparato y $aprec$ la precisión nominal.

Los errores de puntería y de lectura están divididos entre $\sqrt{2}$, como consecuencia de la Regla de Bessel al observar dos veces el mismo dato.

Punto	Vis	Dutm	Ev(cc)	es(m)	ee(m)	Ed(cc)	Ep(cc)	El(cc)	E. angular
1	2		25	0,027	0,003	144,541	1,556	7,071	**146,865**
2	1	131,8139	25	0,027	0,003	144,451	1,556	7,071	**146,777**
	3		25	0,027	0,003	87,760	1,556	7,071	**91,538**
3	2	215,7295	25	0,027	0,003	86,977	1,556	7,071	**90,788**
	4		25	0,027	0,003	129,210	1,556	7,071	**131,806**
4	3	145,2173	25	0,027	0,003	129,517	1,556	7,071	**132,106**
	5		25	0,027	0,003	83,340	1,556	7,071	**87,310**
5	4	225,6775	25	0,027	0,003	83,531	1,556	7,071	**87,492**
	6		25	**0,044**	0,003	129,497	1,556	7,071	**132,087**
6	5	231,3684	25	**0,044**	0,003	130,061	1,556	7,071	**132,639**
	7		25	0,027	0,003	106,697	1,556	7,071	**109,826**
7	6	177,8995	25	0,027	0,003	106,772	1,556	7,071	**109,899**
	8		25	0,027	0,003	61,920	1,556	7,071	**67,167**
8	7	306,1181	25	0,027	0,003	61,745	1,556	7,071	**67,007**
	9		25	0,027	0,003	71,088	1,556	7,071	**75,703**
9	8	265,8859	25	0,027	0,003	70,843	1,556	7,071	**75,473**
	10		25	0,027	0,003	111,996	1,556	7,071	**114,981**
10	9	168,1858	25	0,027	0,003	112,216	1,556	7,071	**115,195**
	11		25	0,027	0,003	105,389	1,556	7,071	**108,555**
11	10	179,0821	25	0,027	0,003	105,496	1,556	7,071	**108,659**

Luego se calcula para *cada tramo* mediante las siguientes expresiones:

$$E_{a(1-2)} = \sqrt{e_{a(1-2)}^2 + e_{a(2-1)}^2}$$
$$E_{a(2-3)} = \sqrt{e_{a(2-3)}^2 + e_{a(3-2)}^2}$$
$$\ldots\ldots$$

Error Angular (m)	
1-2	207,636541
2-3	92,0330232
3-4	132,305987
4-5	87,8095783
5-6	132,587973
6-7	110,324965
7-8	67,664332
8-9	76,1999628
9-10	115,480633
10-11	109,054322

Finalmente, para sacar un único valor de la tolerancia, se sigue la siguiente fórmula:

$$T_{angular} = \sqrt{(D_1 \cdot n_{tramos})^2 \cdot E_{a1}{}^2 + (D_2 \cdot (n_{tramos} - 1))^2 \cdot E_{a2}{}^2 + (D_3 \cdot (n_{tramos} - 2))^2 + \ldots + E_{an}{}^2 + (D_n \cdot (n_{tramos} - n)^2}$$

Donde D es la distancia UTM de cada tramo, n es el número de tramos de la poligonal y E_a es el error angular.

Tolerancia angular	0,712

2. En función del error longitudinal:

Para *cada visual* se calcula la suma cuadrática de los componentes que se describen a continuación:

$$e_l = \sqrt{\left(\frac{a}{1.000.000} \cdot D\right)^2 + \left(\frac{b}{1.000}\right)^2 + e_s{}^2 + e_e{}^2} \longrightarrow \begin{cases} a \ mm \ \pm \ b \ ppm \\ D \ distancia \ UTM \\ e_s = m \cdot \sin(\beta) \\ e_e = i \cdot \sin(\alpha) \end{cases}$$

Siendo cada elemento: a el primer componente y b el segundo de la precisión en distancia $a \ mm \ \pm \ b \ ppm$, D la distancia UTM, $e_s = m \cdot \sin(\beta)$ y $e_e = i \cdot \sin(\alpha)$ el error de señal y de estación, i la altura de la estación, α la sensibilidad de la base niveladora, m la altura del prisma y β la inclinación estimada del prisma.

Punto	Vis	Dutm	es(m)	ee(m)	a (mm)	b (ppm)	E.longi(m)
1	2		0,027	0,003	2,000	2,000	**0,0268**
2	1	131,8139	0,027	0,003	2,000	2,000	**0,0268**
	3		0,027	0,003	2,000	2,000	**0,0268**
3	2	215,7295	0,027	0,003	2,000	2,000	**0,0268**
	4		0,027	0,003	2,000	2,000	**0,0268**
4	3	145,2173	0,027	0,003	2,000	2,000	**0,0268**
	5		0,027	0,003	2,000	2,000	**0,0268**
5	4	225,6775	0,027	0,003	2,000	2,000	**0,0268**
	6		0,044	0,003	2,000	2,000	**0,0441**
6	5	231,3684	0,044	0,003	2,000	2,000	**0,0442**
	7		0,027	0,003	2,000	2,000	**0,0268**
7	6	177,8995	0,027	0,003	2,000	2,000	**0,0268**
	8		0,027	0,003	2,000	2,000	**0,0268**
8	7	306,1181	0,027	0,003	2,000	2,000	**0,0268**
	9		0,027	0,003	2,000	2,000	**0,0268**
9	8	265,8859	0,027	0,003	2,000	2,000	**0,0268**
	10		0,027	0,003	2,000	2,000	**0,0268**
10	9	168,1858	0,027	0,003	2,000	2,000	**0,0268**
	11		0,027	0,003	2,000	2,000	**0,0268**
11	10	179,0821	0,027	0,003	2,000	2,000	**0,0268**

Luego se calcula para *cada tramo* mediante las siguientes expresiones:

$$El_{(1-2)} = \frac{\sqrt{el_{(1-2)}^{2} + el_{(2-1)}^{2}}}{2}$$

$$El_{(2-3)} = \frac{\sqrt{el_{(2-3)}^{2} + el_{(3-2)}^{2}}}{2}$$

$$\ldots\ldots$$

Error Longitudinal (m)	
1-2	0,018964207
2-3	0,018939365
3-4	0,018929985
4-5	0,018937027
5-6	0,031213939
6-7	0,018956853
7-8	0,018952065
8-9	0,018943105
9-10	0,018939033
10-11	0,018942856

Finalmente, para sacar un único valor de la tolerancia, se calcula la suma cuadrática de los errores longitudinales de cada tramo:

$$T_{distancia} = \sqrt{El1^{2} + El2^{2} + \ldots + El_{n}^{2}}$$

Tolerancia en distancia	0,065

Una vez obtenidas las tolerancias en función del *error angular* y del *error longitudinal* se puede calcular la *tolerancia de la poligonal* y compararla con el *error de cierre*.

$$T_{poligonal} = \sqrt{T_{angular}^{2} + T_{distancia}^{2}}$$

$$E_{cierre} = \sqrt{e_{x}^{2} + e_{y}^{2}}$$

Tolerancia poligonal (m)	0,7153
Error cierre (m)	0,0434

Como se puede ver en los resultados, el error de cierre 0,0434 m es menor que la tolerancia de la poligonal 0,7153 m.

Continuamos con la tolerancia altimétrica.

2.4.2. TOLERANCIA ALTIMÉTRICA

Como en la tolerancia planimétrica, empezamos a calcular el error de desnivel para *cada visual* que es la suma cuadrática de los siguientes errores:

$$e_{desnivel} = \sqrt{E_{td}^2 + E_{tv}^2 + E_i^2 + E_m^2} \longrightarrow \begin{cases} E_{td} = \dfrac{(x+eD)+D_{UTM}}{\tan LV} - \dfrac{D_{UTM}}{\tan LV} \\ E_{tv} = \dfrac{D_{UTM}}{\tan LV + Ea} - \dfrac{D_{UTM}}{\tan LV} \\ E_i = 0{,}005 \\ E_m = m \cdot (1 - \cos \beta p) \end{cases}$$

Siendo cada elemento: $(x+eD) = a + b \cdot D_{UTM}$ donde a es el primer componente y b el segundo de la precisión en distancia $a_{\ mm} \pm b_{\ ppm}$, D la distancia UTM, LV la lectura vertical de la visual, $Ea = \sqrt{e_v^2 + e_p^2 + e_l^2}$ donde $e_v = s''/3$, $e_p = (61/A \cdot (1 + (4A/100))/\sqrt{2}$ y $e_l = aprec/\sqrt{2}$, E_i es el valor que estimamos de la inclinación del prisma 0,005 m, m la altura del prisma y βp la sensibilidad del nivel del portaprisma.

Punto	Vis	Dutm	Ev(cc)	Ep(cc)	El(cc)	E. angular	x + eD (m)	Etd (m)	Etv (m)	Ei (m)	Em (m)	E. Desnivel
1	2		100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0023	0,000088	-0,0207955	0,005	0,0002315	**0,02139**
2	1	131,7956062	100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0023	-0,000086	-0,0207944	0,005	0,0002315	**0,02139**
	3		100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0024	-0,000110	-0,0340535	0,005	0,0002315	**0,03442**
3	2	215,6964317	100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0024	0,000115	-0,0340588	0,005	0,0002315	**0,03442**
	4		100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0023	0,000177	-0,0230123	0,005	0,0002315	**0,02355**
4	3	145,1944994	100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0023	-0,000170	-0,0230010	0,005	0,0002315	**0,02354**
	5		100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0025	0,000071	-0,0355802	0,005	0,0002315	**0,03593**
5	4	225,6456037	100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0025	-0,000066	-0,0355767	0,005	0,0002315	**0,03593**
	6		100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0025	0,000217	-0,0367290	0,005	0,0003838	**0,03707**
6	5	231,3287101	100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0025	-0,000193	-0,0366703	0,005	0,0003838	**0,03701**
	7		100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0024	-0,000223	-0,0282756	0,005	0,0002315	**0,02872**
7	6	177,8760355	100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0024	0,000226	-0,0282808	0,005	0,0002315	**0,02872**
	8		100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0026	-0,000012	-0,0482244	0,005	0,0002315	**0,04848**
8	7	306,0824583	100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0026	0,000015	-0,0482248	0,005	0,0002315	**0,04848**
	9		100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0025	-0,000036	-0,0418940	0,005	0,0002315	**0,04219**
9	8	265,8548453	100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0025	0,000040	-0,0418956	0,005	0,0002315	**0,04219**
	10		100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0023	0,000016	-0,0264958	0,005	0,0002315	**0,02696**
10	9	168,1662158	100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0023	-0,000010	-0,0264952	0,005	0,0002315	**0,02696**
	11		100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0024	0,000146	-0,0283192	0,005	0,0002315	**0,02876**
11	10	179,0590513	100	3,1631	7,071	**100,300**	0,0024	-0,000142	-0,0283132	0,005	0,0002315	**0,02875**

Pasamos a calcular el error de desnivel para *cada tramo.*

$$E_{desnivel(1-2)} = \sqrt{e_{desnivel(1-2)}^2 + e_{desnivel(2-1)}^2}$$

$$E_{desnivel(2-3)} = \sqrt{e_{desnivel(2-3)}^2 + e_{desnivel(3-2)}^2}$$

$$\ldots\ldots$$

Error desnivel (m)	
1-2	0,03025
2-3	0,04868
3-4	0,03330
4-5	0,05081
5-6	0,05238
6-7	0,04061
7-8	0,06857
8-9	0,05967
9-10	0,03813
10-11	0,04067

Al realizar la suma cuadrática de todos los errores de desnivel por tramo obtenemos el componente E_z que multiplicado por $\sqrt{2}$ resulta la tolerancia altimétrica.

$$E_z = \sqrt{E_{desnivel\,1}^{\;2} + E_{desnivel\,2}^{\;2} + \ldots + E_{desnivel\;\;n}^{\;2}}$$

$$T_{altimetric} = E_z \cdot \sqrt{2}$$

Tolerancia=	0,2133 m
Error cierre=	0,0201 m

Como se puede comprobar, el error de cierre 0,0201 m es menor que la tolerancia altimétrica 0,1508 m.

Se puede pasar al cálculo de las coordenadas ajustadas.

2.5. COMPENSACIÓN DE COORDENADAS APROXIMADAS

Una vez obtenidas las coordenadas aproximadas y comprobado que los errores de cierre entran en tolerancia, se pasa a realizar el ajuste por mínimos cuadrados mediante observaciones indirectas.

Las ecuaciones que aplicaremos a las observaciones para la compensación son:

- Por Acimuts:

$$-\frac{(Y_A - Y_{P'})}{D_{P'A}^2} \cdot \Delta x_P + \frac{(X_A - X_{P'})}{D_{P'A}^2} \cdot \Delta y_P + (\theta_{P'A} - \theta_{PA}) - \Sigma_P = v_{PA}$$

Por Distancias:

$$\frac{(X_{P'} - X_A)}{D_{AP'}} \cdot \Delta x_P + \frac{(Y_{P'} - Y_A)}{D_{AP'}} \cdot \Delta y_P + (D_{AP'} - D_{AP}) = v_{AP}$$

$$\frac{(Y_{P'} - Y_A)}{D_{AP'}^2} \cdot \Delta x_P - \frac{(X_{P'} - X_A)}{D_{AP'}^2} \cdot \Delta y_P + (\theta_{AP'} - \theta_{AP}) - \Sigma_A = v_{AP}$$

Donde $D_{AP'}$ es la distancia del tramo, $\theta_{AP'}$ es el azimut observado, θ_{AP} es el azimut calculado, $\sum_P$ es la desorientación, Δ_X , Δ_Y son los incrementos y v_{AP} es el residuo.

Una vez disponemos de los datos calculados y observados, calculamos los términos de la matriz A y los vectores de los términos independientes (U), aplicando éstos a las ecuaciones de observación. Obtenemos de esta manera dos ecuaciones para cada tramo, una de azimut y otra de distancia, y tres incógnitas para cada vértice (Δx, Δy y Δz).

Los términos de la matriz P, se calculan a partir de los errores accidentales tanto angulares como de distancia. El peso será el mismo para cada tramo de la poligonal.

$$P_a = \frac{1}{E_a^2} \qquad P_d = \frac{1}{E_d^2}$$

Una vez disponemos de las matrices A, U y P, empezamos con los cálculos para obtener la matriz de correcciones, la cual aplicaremos a cada una de las coordenadas de los vértices.

$$N = A^T \cdot P \cdot A$$

$$Q = N^{-1}$$

$$x = N^{-1} \cdot A^T \cdot P \cdot U$$

Con la matriz X, que son los incrementos Δx, Δy y Δz de cada punto, se corrigen las coordenadas iniciales y conseguimos de esta manera las *coordenadas compensadas* de las bases.

	X'(m)	Y'(m)
1	424754,274	4592801,436
2	424725,303	4592930,026
3	424819,344	4593124,178
4	424937,545	4593208,535
5	424968,176	4593432,123
6	425090,402	4593628,568
7	425214,742	4593501,339
8	425453,570	4593692,829
9	425676,414	4593837,864
10	425509,170	4593820,070
11	425352,370	4593733,556

Calculamos la matriz de residuos V, para más tarde calcular el estimador de la desviación típica S.

$$v = A \cdot x - U \qquad S = \sqrt{\frac{v^T \cdot P \cdot v}{n-h}}$$

Donde n es el número de ecuaciones y h el número de incógnitas. También se realiza un estudio T-student con un 95% de confianza.

	X	Y	dX	dY	X comp	σmi	confianza t-student (95%)	elipse de error	Y comp	σmi	confianza t-student (95%)	elipse de error	direc.de elipse
1	424754,274	4592801,436			424754,274				4592801,436				
2	424725,313	4592930,029	-0,009719365	-0,003360254	424725,303	+/-0,012	0,081	0,012	4592930,026	+/-0,006	0,043	0,006	390,0269
3	424819,360	4593124,179	-0,016131375	-0,001434439	424819,344	+/-0,015	0,103	0,015	4593124,178	+/-0,008	0,053	0,008	398,2874
4	424937,563	4593208,536	-0,018424599	-0,000943049	424937,545	+/-0,015	0,106	0,015	4593208,535	+/-0,011	0,074	0,010	8,0857
5	424968,199	4593432,124	-0,022838933	-0,000933044	424968,176	+/-0,015	0,108	0,016	4593432,123	+/-0,012	0,080	0,011	13,0568
6	425090,433	4593628,568	-0,031363435	0,000534858	425090,402	+/-0,014	0,098	0,015	4593628,568	+/-0,013	0,093	0,012	40,7563
7	425214,777	4593501,340	-0,034770936	-0,001510818	425214,742	+/-0,013	0,088	0,015	4593501,339	+/-0,013	0,093	0,011	357,1900
8	425453,607	4593692,830	-0,037396546	-0,000704617	425453,570	+/-0,011	0,077	0,014	4593692,829	+/-0,013	0,090	0,010	367,1145
9	425676,453	4593837,864	-0,039692095	-0,000131185	425676,414	+/-0,009	0,062	0,012	4593837,864	+/-0,012	0,080	0,008	376,8445
10	425509,211	4593820,071	-0,041345578	-0,00078702	425509,170	+/-0,007	0,048	0,009	4593820,070	+/-0,009	0,059	0,006	366,7048
11	425352,370	4593733,556			425352,370				4593733,556				

Para el calculo de las cotas ortométricas, se ha realizado una *nivelación trigonométrica*.

Posteriormente se ha compensado el error de cierre por el método de mínimos cuadrados.

Se parte desde la primera cota tomada en GPS Z1 = 122,157 m. Se plantea una ecuación por cada tramo y se calculan el resto de cotas hasta llegar a la última Z11 = 143,219 m. Ésta se impone este valor ya que la hemos calculado al principio con el mismo método que la primera.

Las incógnitas son Z2, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7, Z8, Z9 y Z10.

Montamos la matriz A y U a partir de las ecuaciones.

ECUACIONES:

ΔZ(1-2)+Z1=Z2
ΔZ(2-3) = Z3 -Z2
ΔZ(3-4) = Z4 -Z3
ΔZ(4-5) = Z5 -Z4
ΔZ(5-6) = Z6 -Z5
ΔZ(6-7) = Z7 -Z6
ΔZ(7-8) = Z8 -Z7
ΔZ(8-9) = Z9 -Z8
ΔZ(9-10) = Z10 -Z9
-ΔZ(10-11)+Z11=-Z10

MATRIZ A:

	z2	z3	z4	z5	z6	z7	z8	z9	z10
Δz (1-2)	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Δz (2-3)	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
Δz (3-4)	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
Δz (4-5)	0	0	-1	1	0	0	0	0	0
Δz (5-6)	0	0	0	-1	1	0	0	0	0
Δz (6-7)	0	0	0	0	-1	1	0	0	0
Δz (7-8)	0	0	0	0	0	-1	1	0	0
Δz (8-9)	0	0	0	0	0	0	-1	1	0
Δz (9-10)	0	0	0	0	0	0	0	-1	1
Δz (10-11)	0	0	0	0	0	0	0	0	-1

MATRIZ U:

Δz (1-2)	127,21248
Δz (2-3)	-9,9474978
Δz (3-4)	9,9510322
Δz (4-5)	6,3150185
Δz (5-6)	19,221073
Δz (6-7)	-16,941862
Δz (7-8)	-1,5531533
Δz (8-9)	-3,9429768
Δz (9-10)	0,9381624
Δz (10-11)	-132,28107

Los pesos son todos $1/D_{reducida}$.

MATRIZ P:

	Δz (1-2)	Δz (2-3)	Δz (3-4)	Δz (4-5)	Δz (5-6)	Δz (6-7)	Δz (7-8)	Δz (8-9)	Δz (9-10)	Δz (10-11)
Δz (1-2)	0,0075838	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Δz (2-3)	0	0,0046339	0	0	0	0	0	0	0	0
Δz (3-4)	0	0	0,0068839	0	0	0	0	0	0	0
Δz (4-5)	0	0	0	0,0044296	0	0	0	0	0	0
Δz (5-6)	0	0	0	0	0,0043207	0	0	0	0	0
Δz (6-7)	0	0	0	0	0	0,0056192	0	0	0	0
Δz (7-8)	0	0	0	0	0	0	0,0032656	0	0	0
Δz (8-9)	0	0	0	0	0	0	0	0,0037597	0	0
Δz (9-10)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0059437	0
Δz (10-11)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0055821

Con las matrices A, U y P realizamos las operaciones siguientes y obtenemos la matriz X.

$$N = A^T \cdot P \cdot A$$

$$Q = N^{-1}$$

$$x = N^{-1} \cdot A^T \cdot P \cdot U$$

MATRIZ X:

z2	127,27873
z3	117,43966
z4	127,46367
z5	133,89212
z6	153,22947
z7	136,37702
z8	134,97772
z9	131,16837
z10	132,19107

Coordenadas Aproximadas

Punto	Z (m)
1	122,157
2	127,217
3	117,268
4	128,252
5	134,563
6	153,799
7	136,859
8	135,308
9	131,364
10	132,298
11	143,219

Coordenadas Corregidas

Punto	Z (m)
1	122,157
2	127,279
3	117,440
4	127,464
5	133,892
6	153,229
7	136,377
8	134,978
9	131,168
10	132,191
11	143,219

Seguimos con los residuos para poder calcular luego las estimaciones de las correcciones de cada vértice.

$$v = A \cdot x - U \qquad S = \sqrt{\frac{v^T \cdot P \cdot v}{n-h}}$$

Matriz V:

0,066248833
0,108422746
0,072984177
0,11342393
0,116280589
0,089410474
0,153853303
0,133632711
0,084529233
0,090004449

Varianza σ
1,60761068 mm

Se calcula el error asociado a cada cota $\sigma mi = \sqrt{Q_{mi} \cdot \sigma}$ donde Q_{mi} se saca de los elementos en diagonal de la matriz N^{-1}.

Matriz N^{-1}

123,3689841	109,4724379	100,1180539	85,58050577	70,67681959	59,2170768	39,49769486	22,36998672	11,53587267
109,4724379	288,6348732	263,9711179	225,6414392	186,3464015	156,13166	104,1395658	58,98067502	30,41546538
100,1180539	263,9711179	374,2679105	319,9226895	264,2087471	221,369181	147,6528872	83,62495935	43,12415982
85,58050577	225,6414392	319,9226895	466,4441732	385,2137865	322,7541153	215,2764751	121,9243783	62,87460607
70,67681959	186,3464015	264,2087471	385,2137865	509,26642	426,692498	284,603209	161,1883941	83,12248071
59,2170768	156,13166	221,369181	322,7541153	426,692498	506,6128021	337,9099232	191,3792823	98,69147705
39,49769486	104,1395658	147,6528872	215,2764751	284,603209	337,9099232	429,6375889	243,3303309	125,4818676
22,36998672	58,98067502	83,62495935	121,9243783	161,1883941	191,3792823	243,3303309	288,4535706	148,7512577
11,53587267	30,41546538	43,12415982	62,87460607	83,12248071	98,69147705	125,4818676	148,7512577	163,4702863

Error asociado a cada cota

Punto	Z (m)	σmi
1	122,157	
2	127,279	+/- 0,014
3	117,440	+/- 0,022
4	127,464	+/- 0,025
5	133,892	+/- 0,027
6	153,229	+/- 0,011
7	136,377	+/- 0,029
8	134,978	+/- 0,026
9	131,168	+/- 0,022
10	132,191	+/- 0,016
11	143,219	

2.6. RADIACIÓN

Una vez obtenidas las coordenadas de las bases ajustadas, se empieza la radiación de los puntos del terreno. A todos los puntos del terreno se les asigna un código que describe la naturaleza de cada punto.

A la hora de dibujar el plano este código facilita su edición. Se muestran los utilizados:

CT	Cabeza de Talud	BANC	Banco	EJE	Eje vial
PT	Pie de Talud	SENY	Señal de tráfico	EJE1	Eje vial
AG	Aglomerado	CNTEL	Contador eléctrico	EJE2	Eje vial
CA	Carretera	SEMA	Semáforo	EJE3	Eje vial
R	Relleno	JA	Jardineras	EJE4	Eje vial
C	Contorno	PANOT	Panot	B1	Base 1
CAMI	Camino de tierra	PINT	Pintura vial	B2	Base 2
TORRE	Torre eléctrica	REG	Alcantarilla de Riego	B3	Base 3
ADO	Adoquín	EP	Alcantarilla de Iluminación Pública	B4	Base 4
BICI	Carril Bici	AP	Alcantarilla de Agua	B5	Base 5
BB	Bordillo Bajo	TT	Alcantarilla de Telefónica	B6	Base 6
BA	Bordillo Alto	TC	Alcantarilla de Telecomunicaciones	B7	Base 7
RIGO	Rigola	GAS	Alcantarilla de Gas	B8	Base 8
IMB	Imbornal	CMT	Claveguera	B9	Base 9
FA	Farola	CLA65	Claveguera de 65	B10	Base 10
PAPE	Papelera	VAR	Varios	B11	Base 11

2.7. PLANOS DEL LEVANTAMIENTO

1.- Índice de planos.
2.- Plano número 1.
3.- Plano número 2.
4.- Plano número 3.

3. TRAZADO

3.1. INTRODUCCIÓN

El proyecto plantea el diseño de un trazado entre un vial y una rotonda, existentes, mediante un eje principal y una glorieta sobre el terreno levantado.

En el diseño se intentan cumplir todos los requisitos de un trazado aplicando la Normativa 3.1. de Trazado de Carreteras a cada requerimiento de las diferentes fases de planta, alzado, coordinación de ambos y sección transversal. El programa que se utiliza para su ejecución es el CLIP.

Se plantea el diseño de la carretera en diferentes zonas de la cartografía para que, en primer lugar, los volúmenes de desmonte y terraplén sean lo más iguales posible, y en segundo lugar, intentando adecuar la velocidad de la carretera y la glorieta diseñadas con las existentes.

En la siguiente imagen se indican todos los elementos del diseño: el eje principal y la glorieta. Es la solución final a la que se ha llegado después de encajar todos los viales y tener en cuenta la normativa actual.

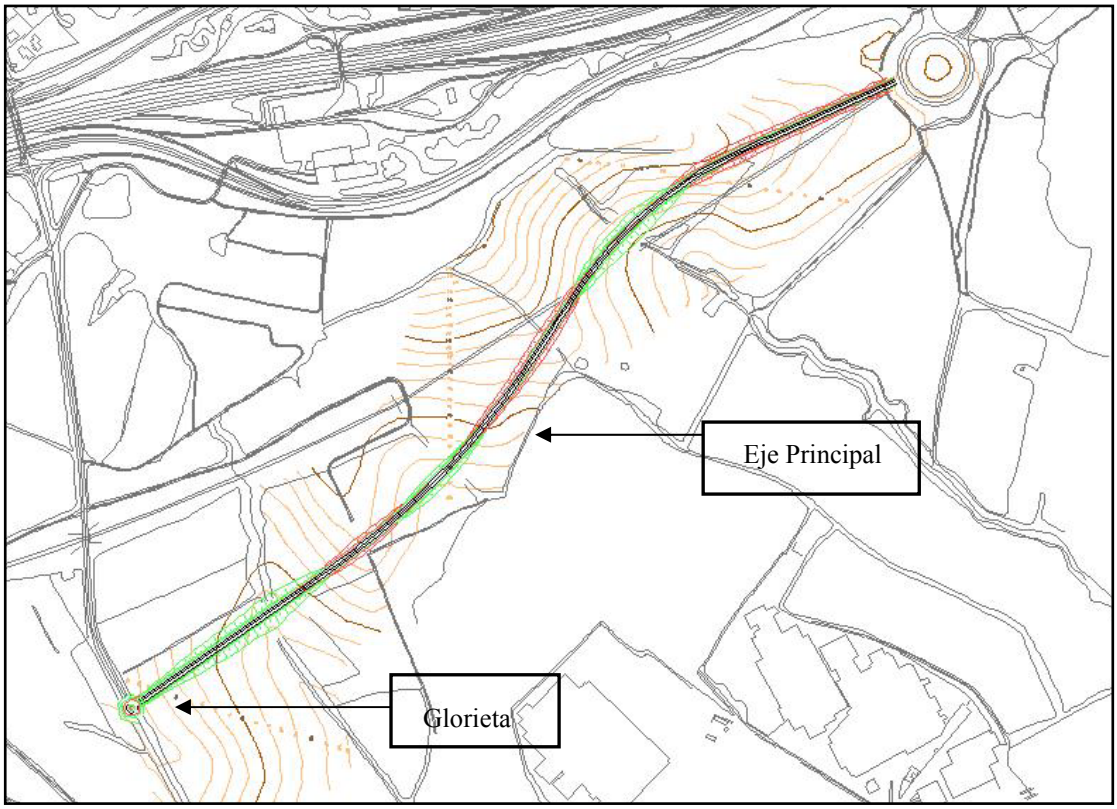


Fig. 12. Eje principal y glorieta del trazado diseñado.

3.2. TRAZADO EN PLANTA

3.2.1. NORMATIVA TRAZADO EN PLANTA

El trazado en planta se compone de *alineaciones rectas, curvas circulares, curvas de transición* y en nuestro caso de *glorietas.* La definición del trazado en planta se referirá a un eje que define un punto en cada sección transversal. En general, salvo en casos suficientemente justificados, se adoptará para la definición del eje:

En carreteras de calzadas separadas:

- El centro de la mediana, si esta fuera de anchura constante o con variación de anchura aproximadamente simétrica.
- El borde interior de la calzada a proyectar en el caso de duplicaciones.
- El borde interior de cada calzada en cualquier otro caso.

En carreteras de calzada única:

- El centro de la calzada, sin tener en cuenta eventuales carriles adicionales.

3.2.1.1. Alineaciones rectas

La recta es un elemento de trazado que está indicado en carreteras de dos carriles para obtener suficientes oportunidades de adelantamiento y en cualquier tipo de carretera para adaptarse a condicionamientos externos obligados, tales como infraestructuras preexistentes, terrenos llanos…

Para evitar problemas relacionados con el cansancio, deslumbramientos, excesos de velocidad, etc., es deseable limitar las longitudes máximas de las alineaciones rectas y para que se produzca una acomodación y adaptación a la conducción es deseable establecer unas longitudes mínimas de las alineaciones rectas.

Las longitudes mínima admisible y máxima deseable, en función de la velocidad de proyecto, serán las dadas por las expresiones siguientes:

$$L_{mín.s} = 1{,}39 \cdot V_p$$
$$L_{mín.o} = 2{,}78 \cdot V_p$$
$$L_{máx} = 16{,}7 \cdot V_p$$

Siendo:

Lmín.s la longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura de sentido contrario).
Lmín.o la longitud mínima (m) para el resto de casos (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura del mismo sentido).
Lmáx la longitud máxima (m).
Vp la velocidad de proyecto (km/h).

A continuación se muestra la tabla con los valores de las longitudes máximas y mínimas para las alineaciones rectas:

Vp (km/h)	Lmín.s (m)	Lmín.o (m)	Lmáx (m)
60	83	167	1002
80	111	222	1336
100	139	278	1670

3.2.1.2. Curvas circulares

El radio mínimo a adoptar en las curvas circulares se determinará en función de:

- El peralte y el rozamiento transversal movilizado.
- La visibilidad de parada en toda su longitud.
- La coordinación del trazado en planta y alzado, especialmente para evitar pérdidas de trazado.

La velocidad, el radio, el peralte y el coeficiente de rozamiento transversal movilizado se relacionan mediante la fórmula:

$$V^2 = 127 \cdot R \cdot (f_t + \frac{p}{100})$$

Siendo:

V la velocidad (km/h).
R radio de la circunferencia (m).
f_t el coeficiente de rozamiento transversal movilizado.
p el peralte.

Tabla de valores para el coeficiente de rozamiento:

V (km/h)	60	80	100
ft	0,151	0,122	0,104

A continuación se muestra la tabla con los valores de los radios y peraltes correspondientes a las carreteras del grupo 1:

Velocidad Específica (km/h)	Radio (m)	Peralte (%)
80	250	8,00
100	450	8,00

A continuación se muestra la tabla con los valores de los radios y peraltes correspondientes a las carreteras del grupo 2:

Velocidad Específica (km/h)	Radio (m)	Peralte (%)
60	130	7,00
80	265	7,00
100	485	5,85

Estas dos tablas no son aplicables a los cálculos de ramales en nudos.

3.2.1.3. Curvas de transición

Las curvas de transición tienen por objeto evitar las discontinuidades en la curvatura de la traza, por lo que, en su diseño deberán ofrecer las mismas condiciones de seguridad, comodidad y estética que el resto de los elementos del trazado.

La curva de transición adoptada para el trazado en planta de obras lineales es la clotoide, cuya ecuación es:

$$R \cdot L = A^2$$

Siendo:

R el radio de curvatura en un punto cualquiera.
L la longitud de la curva entre su punto de inflexión ($R = \infty$) y el punto de radio R.
A el parámetro de la clotoide.

La longitud de la curva de transición deberá superar la necesaria para cumplir las condiciones siguientes:

- Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal.
- Limitación de la variación de la pendiente transversal.
- Condiciones de percepción visual.

Explicadas detalladamente cada una de ellas en la Instrucción de Carreteras.

Las clotoides contiguas a una alineación circular deberán ser simétricas siempre que sea posible. En general no podrán unirse clotoides entre sí, salvo en el caso de curvas en "S".

3.2.1.4. Glorietas

Según la normativa hay tres tipos principales de glorieta: normal, miniglorieta y doble.
Nuestro caso se trata de una *glorieta normal.*
Una glorieta normal debe tener una isleta central -dotada de bordillos- de 4 m o más de diámetro, y generalmente entradas abocinadas que permiten una entrada múltiple de vehículos.
El número recomendado de tramos es 3 o 4. Las glorietas normales funcionan especialmente bien con 3 tramos -mejor que las intersecciones reguladas por semáforos-, siempre que la intensidad de la circulación esté bien equilibrada entre los accesos. Si el número de tramos es mayor de 4, su comprensión por el conductor se ve afectada y la glorieta ha de ser mayor, con lo que las velocidades resultan mayores: en estas circunstancias pueden resultar más convenientes las glorietas dobles.

Características:

- ACCESOS: La probabilidad de accidente en una entrada disminuye según aumenta el ángulo entre un tramo de acceso y el siguiente en el sentido de giro: por lo que es deseable un espaciamiento uniforme de los tramos a lo largo de la calzada anular, lo que en algunos casos puede llevara remodelar el trazado de alguno de ellos.

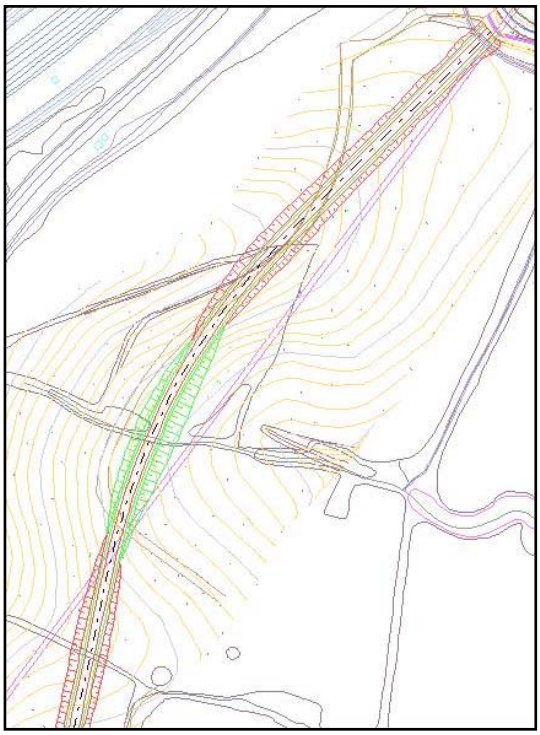
- NUMERO DE CARRILES: Si la presencia de la glorieta es muy aparente y se logra reducir correctamente la velocidad, disponer carriles adicionales en la entrada a la glorieta -incluso si la intensidad de la circulación fuera baja- proporciona una mayor flexibilidad ante futuros

aumentos de intensidad, permite el adelantamiento de un vehículo averiado, y facilita la maniobra de vehículos largos.
Se recomienda añadir al menos un carril adicional, pero no más de dos (en accesos de dos carriles y doble sentido de circulación), ni más de cuatro (en accesos de más de un carril por sentido); y con una longitud mínima de unos 5 m en zona urbana, y de 25 m fuera de poblado. Los carriles adicionales deben diferenciarse -con una anchura mínima de 2 m- a partir de la mitad de la longitud total del abocinamiento; ésta no deberá rebasar los 100 m.

- ANCHURA DE LOS CARRILES: La anchura mínima de los carriles de la entrada en la marca de "ceda el paso"- debe ser de 2,5 m. Es mejor usar carriles anchos porque son más adecuados para vehículos pesados.

- ANGULO DE ENTRADA: El ángulo de entrada debe estar comprendido entre 20 y 60 g, con un óptimo de unos 25 g.

3.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL EJE PRINCIPAL



El eje principal comienza en el Pk 0+000 y acaba en el Pk 0+1284,048. El eje está diseñado en el centro de la plataforma para facilitar una posible futura ampliación.

Se han creado dos carriles de 3,5 m, cada uno para cada sentido de circulación, arcenes de 2,5 m y bermas de desmontes y terraplenes de 1 m.

La velocidad de proyecto es de 100 km/h.

Los diferentes elementos de este eje son:

Elemento	Estación	Longitud	Coord. X	Coord. Y	Acimut	Radio	Parám.	X Centro	Y Centro
RECTA	0+000,000	0,000	424.646,285	4.593.014,414	61,0677	infinito			
RECTA	0+245,050	242,339	424.844,702	4.593.153,549	61,0677	infinito			
CLOTOIDE	0+356,606	111,556	424.934,821	4.593.219,275	57,5167	-1.000	334	424.315,934	4.594.004,755
CURVA	0+634,466	277,980	425.126,609	4.593.419,260	39,8200	-1.000		424.315,934	4.594.004,755
CLOTOIDE	0+746,022	111,556	425.188,509	4.593.512,048	36,2690	infinito	334		
CLOTOIDE	0+829,254	83,232	425.235,316	4.593.580,841	41,5678	500	204	425.632,465	4.593.277,077
CURVA	1+033,434	204,191	425.388,608	4.593.713,579	67,5662	500		425.632,465	4.593.277,077
CLOTOIDE	1+116,666	83,232	425.463,386	4.593.750,068	72,8649	infinito	204		
RECTA	1+284,048	177,997	425.625,458	4.593.823,661	72,8649	infinito			

3.2.3. CARACTERÍSTICAS DE LA GLORIETA

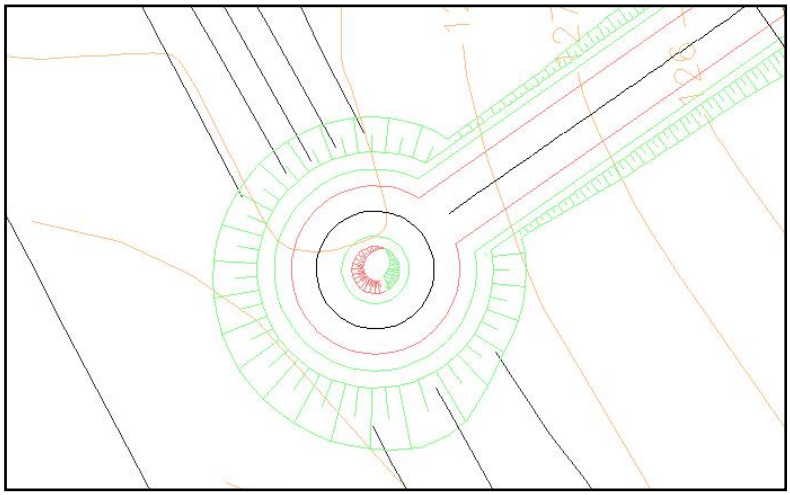


Fig. 13. Glorieta.

La glorieta comienza en el Pk 0+885 de la vía existente BV-1414 y tiene un radio de 7 metros. El eje está diseñado en el centro de la plataforma coincidiendo con la mediana y va desde el PK 0+000 hasta el 0+043,981.
Se han creado carriles de 3 m cada uno, arcén de 2 m y la berma del terraplén de 1 m.
La velocidad de proyecto es de 40 km/h.

3.3. TRAZADO EN ALZADO

3.3.1. NORMATIVA TRAZADO EN ALZADO

Para definir el trazado en alzado, se consideran prioritarias las características funcionales de seguridad y comodidad, que se deriven de la visibilidad disponible, de la deseable ausencia de pérdidas de trazado y de una variación continua y gradual de parámetros.

Para la definición del alzado se adoptarán los siguientes criterios:

En carreteras de calzadas separadas:

- La definición del alzado podrá ser común para ambas calzadas o diferente para cada una de ellas.
- En general el eje que lo defina coincidirá con el borde interior del carril más próximo a la mediana.
- Cuando se prevea un aumento de carriles a costa de la mediana, se considerará la conveniencia de adoptar el eje considerando la sección transversal ampliada.

En carreteras de calzada única:

- El eje que define el alzado, coincidirá con el eje físico de la calzada (marca vial de separación de sentidos de circulación).

3.3.1.2. Inclinación de las rasantes

Los valores máximos de inclinación de la rasante en rampas y pendientes, en función de la velocidad de proyecto (Vp), serán los siguientes:

Carreteras de calzadas separadas:

Vp (km/h)	Rampa (%)	Pendiente (%)
120	4	5
100	4	5
80	5	6

Carreteras de calzada única:

- Vías rápidas:

Vp (km/h)	Inclinación máxima (%)	Inclinac. excepcional (%)
100	4	5
80	5	6

- Carreteras convencionales:

Vp (km/h)	Inclinación máxima (%)	Inclinac. excepcional (%)
100	4	5
80	5	7
60	6	8

No se dispondrán rampas ni pendientes con la inclinación máxima establecida para cada velocidad y tipo de carretera, cuya longitud supere los tres mil metros.

No se proyectarán longitudes de rampas o pendientes cuyo recorrido, a la velocidad de proyecto, sea inferior a diez segundos (dicha longitud se medirá entre vértices consecutivos).

3.3.1.2.Acuerdos verticales

La curva de acuerdo vertical será una parábola de eje vertical de ecuación:

$$y = \frac{x^2}{2 \cdot Kv}$$

Siendo:

x la distancia desde el punto de tangencia de la parábola al vértice.

Kv el radio de la circunferencia osculatriz en el vértice de dicha parábola, denominado comúnmente "parámetro".

Definiendo θ como el valor absoluto de la diferencia algebraica de las inclinaciones en los extremos del acuerdo en tanto por uno, se cumplirá que:

$$Kv = \frac{L}{\theta}$$

Siendo L la longitud de la curva de acuerdo.

La siguiente tabla indica los parámetros mínimos y deseables de acuerdos verticales para la visibilidad de parada:

Vp (km/h)	Mínimo		Máximo	
	Kv convexo (m)	Kv cóncavo (m)	Kv convexo (m)	Kv cóncavo (m)
120	15276	6685	30780	9801
100	7125	4348	15276	6685

3.3.1.3.Transición al peralte

La transición del peralte deberá llevarse a cabo combinando las tres condiciones siguientes:

- Características dinámicas aceptables para el vehículo.
- Rápida evacuación de las aguas de la calzada.
- Sensación estética agradable.

La variación del peralte requiere una longitud mínima, de forma que no se supere un determinado valor máximo de la inclinación que cualquier borde de la calzada tenga con relación a la del eje de giro del peralte.

Dicha inclinación se limitará a un valor máximo (ipmax) definido por la ecuación:

$$ip_{máx} = 1{,}8 - 0{,}01 \cdot V_p$$

Siendo:

ipmax la máxima inclinación de cualquier borde de la calzada respecto al eje de la misma (%).

Vp la velocidad de proyecto (km/h).

La longitud del tramo de transición del peralte tendrá por tanto un valor mínimo definido por la ecuación:

$$I_{mín} = \frac{p_f - p_i}{ip_{máx}} \cdot B$$

Siendo:

Imín la longitud mínima del tramo de transición del peralte (m).
pf el peralte final con su signo (%).
pi el peralte inicial con su signo (%).
B la distancia del borde de la calzada el eje de giro del peralte (m).

En general, la transición del peralte se desarrollará a lo largo de la curva de transición en planta (clotoide), en dos tramos, habiéndose desvanecido previamente el bombeo que exista en sentido contrario al del peralte definitivo.

El desvanecimiento del bombeo se hará en la alineación recta e inmediatamente antes de la tangente de entrada, en una longitud máxima de cuarenta metros en carreteras del grupo 1 y en una longitud máxima de veinte metros en carreteras del grupo 2, y de la siguiente forma:

- Plataforma con dos pendientes. Se mantendrá el bombeo en el lado de plataforma que tiene el mismo sentido que el peralte posterior, desvaneciéndose en el lado con sentido contrario al peralte.
- Calzada con pendiente única del mismo sentido que el peralte posterior. Se mantendrá el bombeo hasta el inicio de la clotoide.
- Calzada con pendiente única de sentido contrario al peralte posterior. Se desvanecerá el bombeo de toda la plataforma.

La transición del peralte se desarrollará linealmente desde el punto de inflexión de la clotoide (peralte nulo) hasta el peralte correspondiente a la curva circular (punto de tangencia), siempre que se alcance el dos por ciento en una longitud máxima de cuarenta metros, para carreteras del grupo 1, y de veinte metros para carreteras del grupo 2. Si lo anterior no fuese posible, la transición del peralte se desarrollará en los dos tramos siguientes:

- Desde el punto de inflexión de la clotoide (peralte nulo) al dos por ciento en una longitud máxima de cuarenta metros, para carreteras del grupo 1, y de veinte metros para carreteras del grupo 2.
- Desde el punto de peralte dos por ciento, hasta el peralte correspondiente a la curva circular (punto de tangencia), el peralte aumentará linealmente.

Se evitará la coincidencia de peralte nulo con acuerdo cóncavo. En las zonas donde esto no se pueda evitar, se realizará un estudio detallado de la evacuación de las aguas de la plataforma.

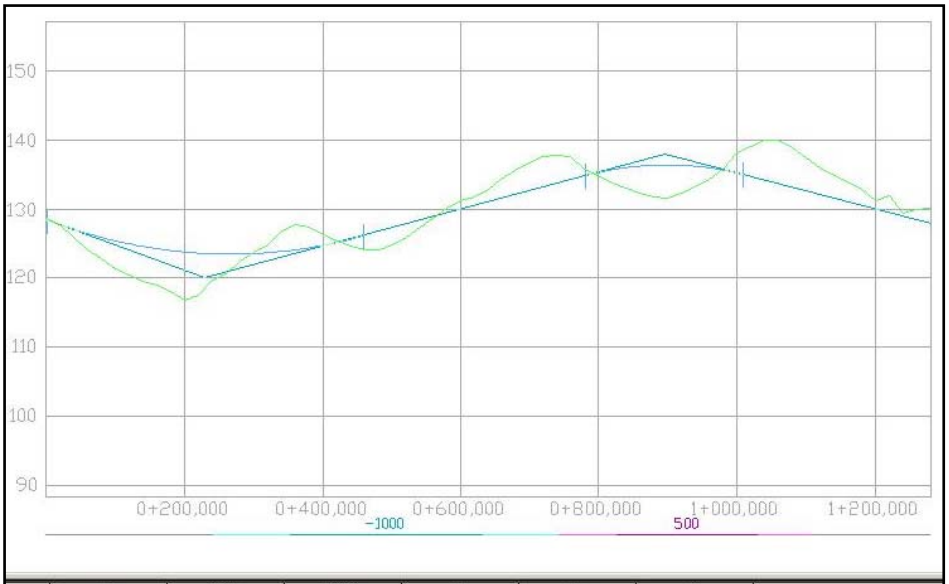
A efectos de la aplicación de la Norma, el peralte (p) se establecerá de acuerdo con los criterios siguientes:

- Grupo 1:
  - $250 \leq R \leq 700 \rightarrow p = 8$
  - $700 \leq R \leq 5000 \rightarrow p = 8 - 7{,}3 \cdot (1 - 700/R)1{,}3$
  - $5000 \leq R \leq 7500 \rightarrow p = 2$
  - $7500 \leq R \rightarrow$ Bombeo
- Grupo 2:
  - $50 \leq R \leq 350 \rightarrow p = 7$
  - $350 \leq R \leq 2500 \rightarrow p = 7 - 6{,}8 \cdot (1 - 350/R)1{,}3$
  - $2500 \leq R \leq 3500 \rightarrow p = 2$
  - $3500 \leq R \rightarrow$ Bombeo

Siendo:

R el radio de la curva circular (m).
P el peralte (%).

3.3.2. CARACTERÍSTICAS DEL EJE PRINCIPAL



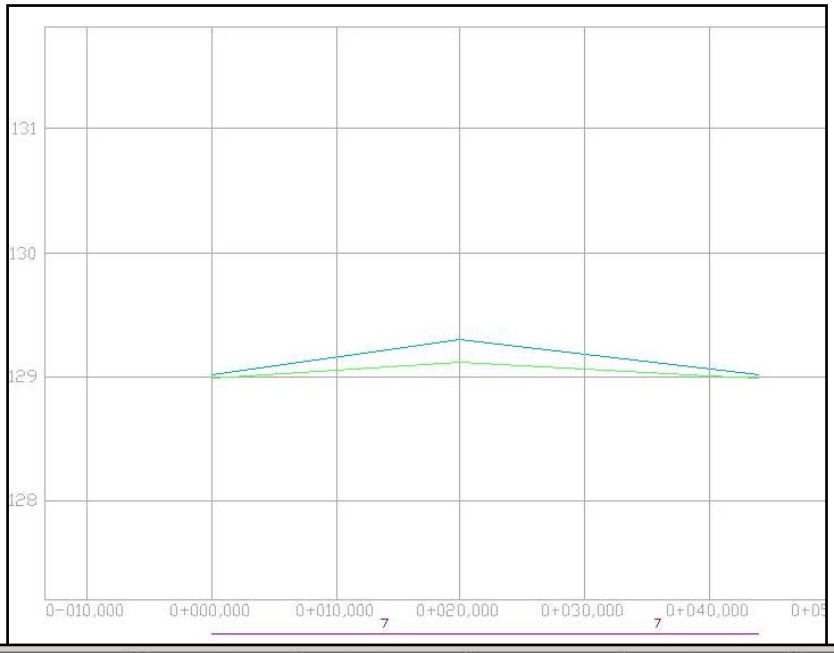
	Pk	Cota	P (%).	L	Kv	B
1	0,000	128,500		0,000	0,000	0,000
2	230,000	120,000	-3,696	456,027	7.125,000	3,648
3	895,500	138,000	2,705	229,506	-4.348,000	-1,514
4	1.284,048	128,000	-2,574	0,000	0,000	0,000

La línea azul representa la rasante, mientras que la línea verde representa el terreno natural.

El eje principal tiene dos acuerdos verticales, uno en el Pk 0+230 en la cota 120 m y de Kv 7.125, y otro en el Pk 0+895,500 en la cota 138 m y de Kv -4.348. Las longitudes de los acuerdos, que se observan en las tablas, son de 456,027 m el primero y de 229,506 m el segundo.

También se indican las pendientes de las rasantes; del -3,696% para el primer tramo, del 2,705% para el tramo intermedio, y del -2,574% para el tercer tramo.

3.3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA GLORIETA



	Pk	Cota	P (%).	L	Kv	B
1	0,000	129,020		0,000	0,000	0,000
2	20,000	129,300	1,400	0,000	0,000	0,000
3	43,981	129,020	-1,168	0,000	0,000	0,000

Se indican las pendientes de las rasantes de la glorieta; del 1,4% para el primer tramo y del -1,168% para el segundo tramo, quedando el punto más alto en el intermedio para desaguar en tiempo de lluvias.

No se han planteado acuerdos verticales.

3.4. SECCIÓN TRANSVERSAL.

3.4.1 CALZADA Y ARCENES

Se han definido dos tipos diferentes de sección tipo, una para el eje principal y otra para la glorieta.
Las características que coinciden en todas las secciones tipo son los taludes en terraplén, cuyo valor es de 2/1, es decir, por cada dos metros en horizontal baja uno en vertical, y en desmonte se ha creado una sección transversal de bermas de 1 metro de ancho por tres de alto y con un talud de 1/2, es decir, por cada metro en horizontal, se bajan dos en vertical.
En el eje principal, la sección tipo se caracteriza porque tiene dos calzadas, una para cada sentido. Esta consta de dos carriles de tres metros y medio cada uno, un arcén exterior de dos metros y medio.
Al constituirse todo a partir de un único eje central, se facilitaría la construcción de un posible futuro carril para cada sentido.
A continuación se muestra un listado de puntos cada 20 metros de la plataforma.

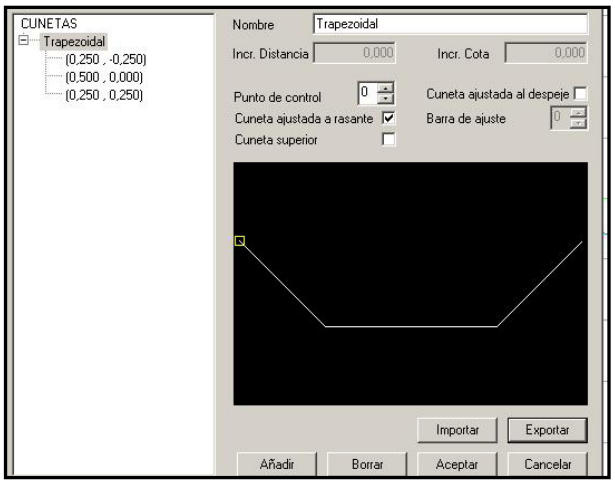
3.4.2 FIRMES

El espesor de los firmes es de medio metro para todo el diseño.
Los taludes también son para todo el diseño por igual, tanto los interiores como los exteriores, con un valor de 2/1.
Al considerar que la tierra es de buena calidad, no se ha definido capa de desmonte mejorado.
La correspondiente cubicación es la siguiente:

Estación	L.b.int.	L.b.ex.iz.	L.b.ex.de.	Sup.cal.	Sup.ar.iz.	Sup.ar.de.	Vol.tot.
0+000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	1.284,70	1.283,39	8.988,34	2.569,78	2.566,41	8.747,45
1+284,048	0,00	1.284,70	1.283,39	8.988,34	2.569,78	2.566,41	8.747,45

3.4.3 CUNETAS

Las cunetas se definen a partir del pie del talud y están ajustadas a la rasante.
La cuneta diseñada es de forma trapezoidal y sólo se aplica, lógicamente, en las zonas de desmonte.
Las medidas son de 1 m en la parte superior, medio metro en la parte inferior y 0,25 metros de profundidad.



3.4.4 PERALTES

El eje de giro del peralte es el mismo eje de los viales.
Los peraltes han sido calculados en función de los radios de las alineaciones curvas diseñadas en el trazado en planta. La longitud mínima para aplicar el peralte es de 20 metros.

3.5. PLANOS TRAZADO PLANTA

1.- Índice de planos.
2.- Plano número 1.
3.- Plano número 2.
4.- Plano número 3.

3.7. PLANOS LONGITUDINALES

1.- Plano número 1del eje.
2.- Plano número 2 del eje.
3.- Plano de la glorieta.

3.8. PLANOS TRANSVERSALES

1.- Plano número 1del eje.
2.- Plano número 2 del eje.
3.- Plano de la glorieta.

4. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

4.1 INTRODUCCIÓN

En el presente apartado se concretan las medidas correctoras que se tendrán que aplicar en el presente proyecto de construcción de un vial, con la finalidad de minimizar el impacto medioambiental que sufrirá el entorno. Las obras definidas consisten básicamente en la construcción de un trazado que enlace dos vías existentes.

Los principales impactos ambientales relacionados con la ejecución de este proyecto serán los siguientes:

Ruido:
Durante la fase de obras se producirán ruidos asociados al movimiento de tierras y al uso de maquinaria. Por el hecho de tratarse de un proyecto que se desarrolla en un entorno urbano, se agrava su efecto.

Medio social:
Hay que destacar que la creación de esta futura vía dará unas nuevas perspectivas de crecimiento a la industria con la posibilidad de nuevos puestos de trabajo, y una disminución del tráfico pesado tanto dentro del pueblo como por las cercanías. Esto favorecerá considerablemente la disminución del tráfico, con la pertinente disminución de ruido y de emisión de CO2.

Vegetación:
La zona donde se sitúa el proyecto se caracteriza por la presencia de una vegetación mayoritariamente nitró fila, típica de las zonas urbanas e industriales. La afectación sobre la vegetación es poco importante ya que se trata de una zona urbana.

4.2 MEDIDAS CORRECTORAS GENERALES

Los aspectos básicos que se han tenido en cuenta en la determinación de las medidas correctoras de este proyecto son:

Ruidos y vibraciones.
- Evitar las obras en horarios nocturnos dado que la obra se realiza en zona urbana.
- Revisar los sistemas de silenciadores de las máquinas, para asegurar el cumplimiento de la normativa vigente.

Geología:
- Se realizará el máximo reaprovechamiento posible de los materiales excavados.
- La selección de los lugares para realizar el vertido se realizará de acuerdo con los intereses locales, con la finalidad de obtener las mejores soluciones de integración con el medio, especialmente en el espacio rural y agrícola y aplicando criterios de mínimo efecto paisajístico.

Integración paisajística y urbanística.
Condicionamiento de los espacios afectados por las obras. Realización de hidrosiembras, y remodelación de taludes y terraplenes.
Reposición de las especies arbolarias afectadas, con una separación mínima de 10 metros entre bordillo, bien para transplantarlos o bien para una nueva plantación.
Mantener los accesos existentes durante la fase de obras. Adecuación de los accesos y nuevos enlaces para proteger posibles impactos en los accesos a viviendas aisladas y explotaciones agrícolas.

Gestión de residuos.

Se establecerá un sistema de gestión de residuos generados en la obra según lo que establece la ley 6/1993 del 15 de julio, priorizando las siguientes actuaciones: Impedir el vertido de aceites y grasas a la hora de limpiar motores, colocar barreras para retener los escombros durante la obra, formular planes y medidas de emergencia para vertidos accidentales.

5 MUESTRAS EN 3D.

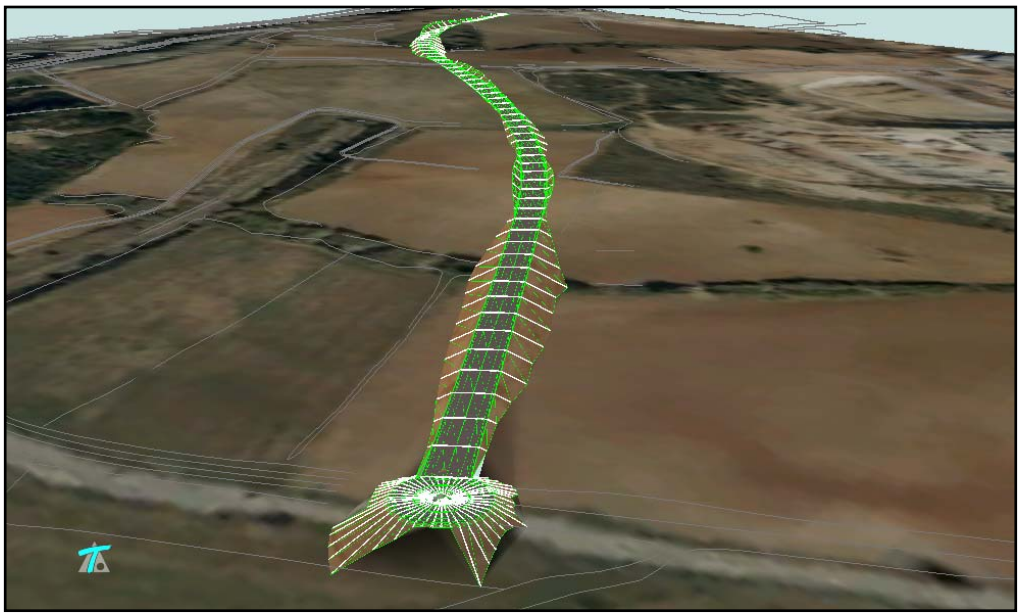


Fig. 14. Glorieta y eje principal. Zona oeste-este.

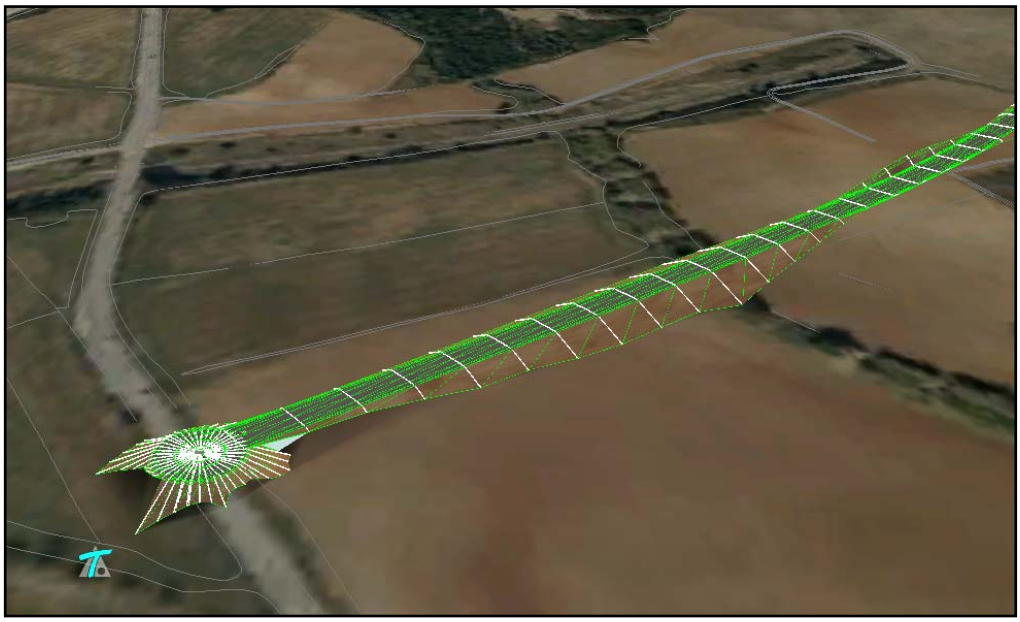


Fig. 15. Glorieta y eje principal. Zona oeste-norte.

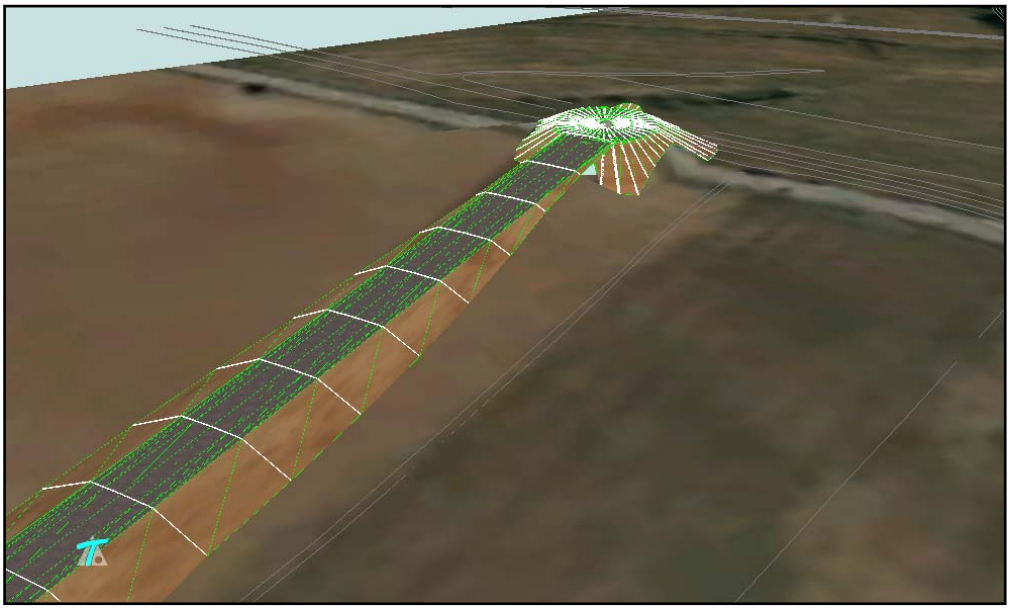


Fig. 16. Glorieta y eje principal. Zona sud-oeste.

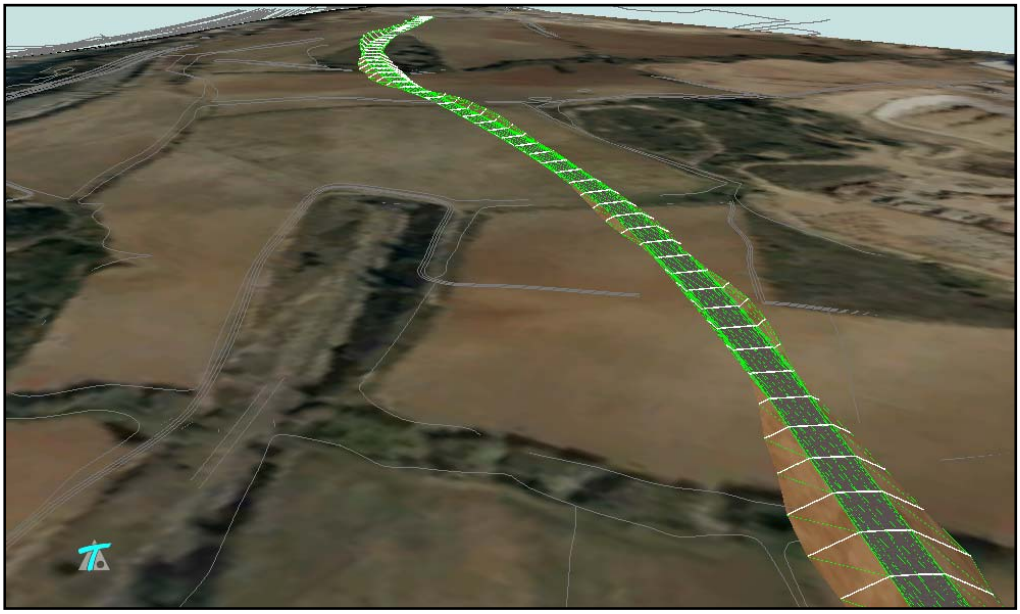


Fig. 17. Eje principal. Zona este-oeste.

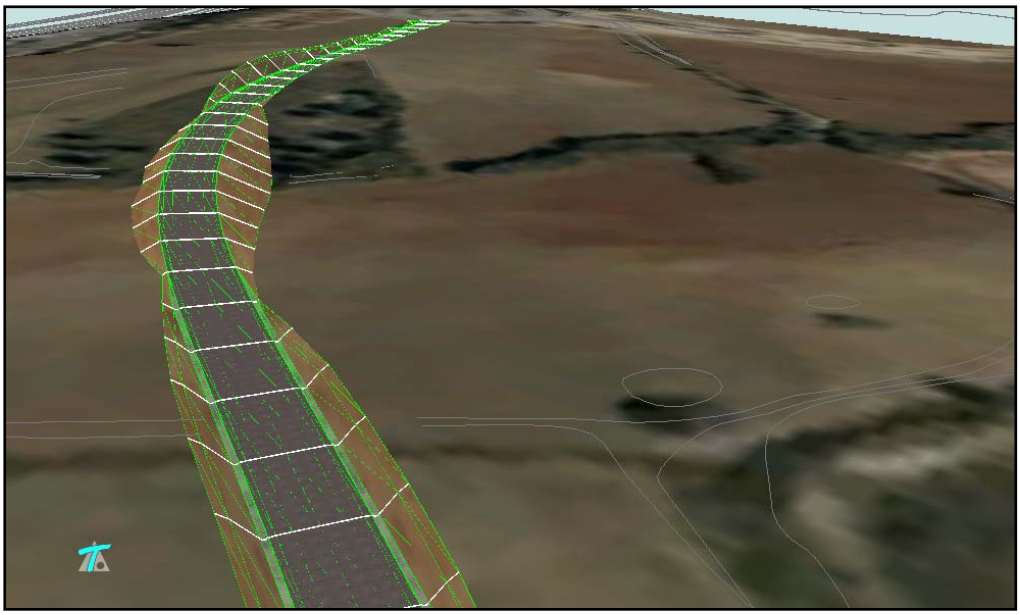


Fig. 18. Eje principal. Zona este-oeste.

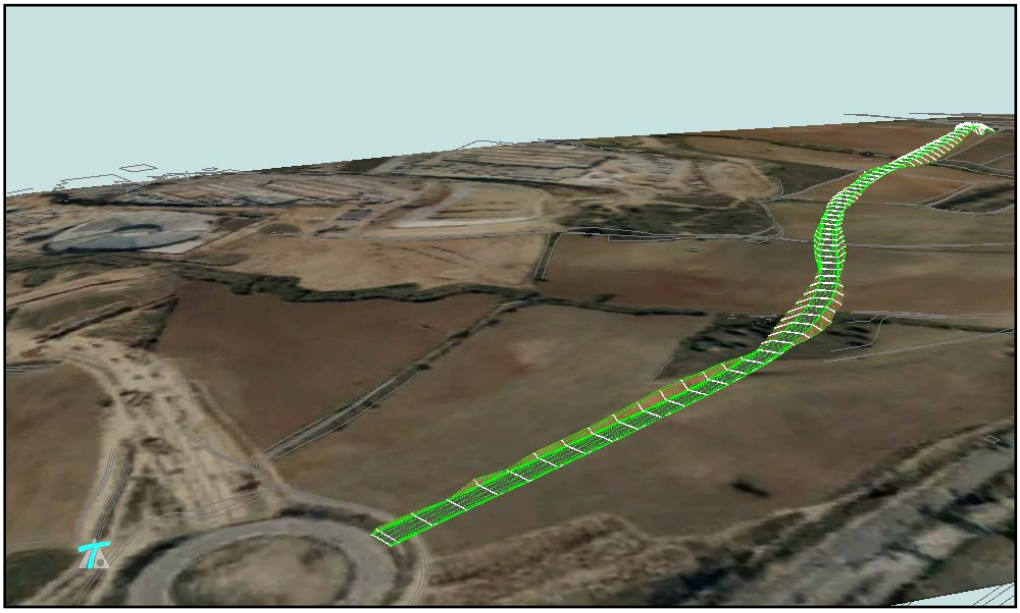


Fig. 19. Eje principal. Zona oeste-este.

6. CONCLUSIÓN

La conclusión, tras la finalización de la explicación realizada detallando todas las fases del proyecto desarrollado, así como los datos y resultados obtenidos, es haber alcanzado satisfactoriamente el objetivo fijado inicialmente.

El proyecto elaborado abarca todas las fases necesarias para la consecución del objetivo fijado inicialmente, desde el levantamiento en campo de los puntos y la elaboración de un plano topográfico, hasta la proyección de un eje sobre este plano.

La consecución del objetivo fijado en este proyecto, además de facilitar el acceso a la Universidad Autónoma de Barcelona desde el término municipal de Sant Cugat del Vallès, abre la posibilidad de continuar desarrollando futuros proyectos, de considerable interés, tales como el de realización de posibles industrias o viviendas.

7. BIBLIOGRAFÍA

Libros:

F. Dominguez Garcia – Tejero (13ª Edición), *Topografía general y aplicada.*

Jose Luis Ojeda, *Métodos topográficos y oficina técnica.*

Alonso Sánchez Ríos, *Problemas de Métodos topográficos.*

D. Manuel Chueca Pazos, D. José Herráez Boquera, D. Jose Luis Berné Valero, *Métodos topográficos.*

Manuales:

Tool, S.A., *Manual de Clip para Windows. Versión 1.20.*

Ministerio de Fomento, *Trazado. Instrucción de Carreteras. Norma 3.1.*

Páginas Web:

Página de consulta para Ingenieros de Caminos, canales y puertos, *www.carreteros.org*

Página de consulta de Cartografía, www.icc.es

Foro para consultas del programa CLIP, www.cartesia.org

8. ANEXOS

1. Listado de puntos radiados.
2. Matrices de la compensación planimétrica mediante mínimos cuadrados.
3. Listado de puntos cada 20 metros de la plataforma.
4. Listado de peraltes.
5. Mediciones del trazado cada 20 metros.
6. Listado de cotas.
7. Mediciones de movimiento de tierras.

9. CONTENIDO DEL CD

1. Memoria con carátula.
2. Resumen.
3. Anexos.
4. Carpeta con los planos.
5. Carpeta con otros ficheros.