

ESTABLECIMIENTO DE BASES METODOLÓGICAS PARA LA OBTENCIÓN DE CARTOGRAFÍA GRAVIMÉTRICA 1:50.000. APLICACIÓN A LA MODELIZACIÓN 2D Y 3D EN VARIAS ZONAS DE LA PENINSULA IBERICA.



CAPITULO 2

ADQUISICIÓN DE COORDENADAS MEDIANTE EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

AUTOR: F.M. RUBIO (2009)

INDICE CAPITULO 2

2. ADQUISICIÓN DE COORDENADAS MEDIANTE EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)	5
2.1. EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)	5
2.2. EL SISTEMA DE COORDENADAS EN GRAVIMETRÍA	12
2.3. SELECCIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN	14
2.4. PRUEBAS DE LA INSTRUMENTACIÓN ELEGIDA Y ESTABLECIMIENTO DE PARÁMETROS DE MEDIDA.....	16
2.5. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA ADOPTADA.....	20
2.6. CONTROLES DE LA CALIDAD DE LAS MEDIDAS GPS DURANTE LAS CAMPAÑAS REALIZADAS	23
2.6.1. Control de precisión	23
2.6.2. Control de repeticiones.....	26
2.7. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	31
ANEXO 1 Bases topográficas Zona de León.....	32
ANEXO 2 Bases topográficas Zona de Extremadura	34
ANEXO 3 Bases topográficas Zona del perfil Alcedia.....	39
ANEXO 4 Bases topográficas Ensayo en Madrid.....	53
ANEXO 5 Transformadas locales empleadas	57
ANEXO 6. Estructura de ficheros del capítulo	64

2. ADQUISICIÓN DE COORDENADAS MEDIANTE EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

El cálculo de la anomalía de Bouguer exige conocer las coordenadas de cada estación gravimétrica con una gran precisión, sobre todo en lo referente a la cota de la estación. Este hecho, ha supuesto históricamente una limitación significativa para la adquisición de datos gravimétricos de calidad, al ser necesario simultanear dos equipos en campo, uno de ellos tomando los datos gravimétricos y otro los datos topográficos de alta precisión. La necesidad del equipo topográfico encarece la campaña al emplear más personal, más medios y necesitar más tiempo para la medición.

La aparición de equipos topográficos basados en el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), supone una excelente oportunidad para reducir este inconveniente, al permitir la toma de datos topográficos de manera simultánea con la del gravímetro, abaratando el coste y reduciendo los tiempos de adquisición.

2.1. EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

El desarrollo de este apartado esta basado en el manual básico de GPS de la casa Leica (Leica, 1999). GPS es el acrónimo de Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global), un sistema formado por 24 satélites, llamados NAVSTAR, y 5 estaciones repartidas por la superficie terrestre. Gracias a este sistema, un usuario puede determinar con muy poco margen de error su posición en la esfera terrestre y la altitud sobre el nivel del mar en la que se encuentra.

Estos satélites se encuentran en órbitas situadas aproximadamente a unos 20200 km, y realizan una circunvalación a la Tierra cada 12 horas. De los 24 en funcionamiento, 21 se encuentran en servicio, mientras que los otros 3 están de reserva. Cada uno de estos satélites emite de manera continua una señal indicando su posición y la hora de sus relojes atómicos.

La base para determinar la posición de un receptor GPS es la trilateración a partir de la referencia proporcionada por los satélites en el espacio. Para llevar a cabo el proceso de trilateración, el receptor GPS calcula la distancia hasta el satélite midiendo el tiempo

que ha tardado la señal en llegarle. Para ello, el GPS necesita un sistema muy preciso para medir el tiempo. Además, es necesario conocer la posición exacta del satélite. Finalmente, la señal recibida debe corregirse para eliminar los retardos ocasionados por los efectos atmosféricos. Una vez que el receptor GPS recibe la posición de al menos cuatro satélites y conoce su distancia hasta cada uno de ellos, puede determinar su propia posición superponiendo las esferas imaginarias que se generan con centro en cada satélite y radio las distancias calculadas.

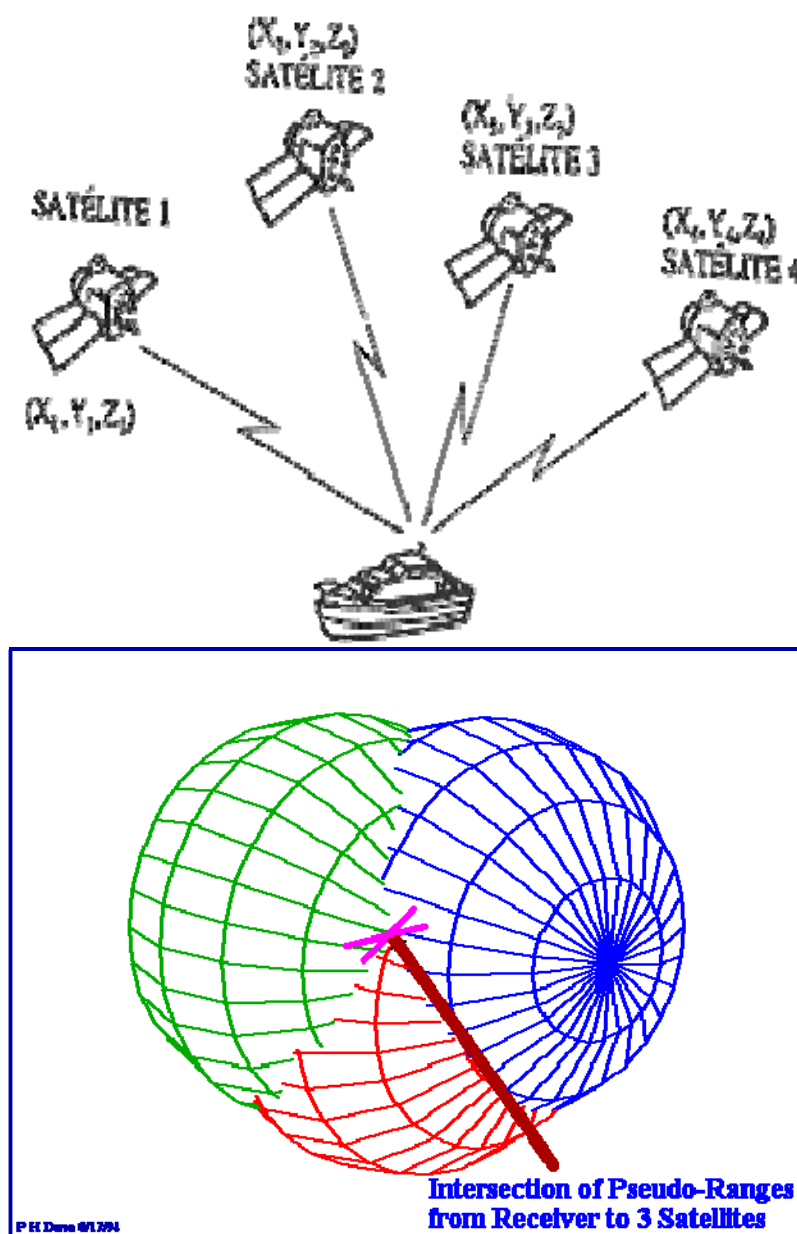


Figura 2.1. Parte superior: esquema de medición de un receptor GPS conectado a cuatro satélites. Parte inferior: intersección de las esferas imaginarias de posicionamiento a partir de las señales desde tres satélites para la determinación de la posición del punto. Un cuarto satélite es necesario para compensar errores en la medición del tiempo (Leica, 1999).

El receptor GPS mide el tiempo que tardan las señales en llegar hasta él y calcula la distancia multiplicando la velocidad por ese tiempo. Dado que en el GPS se miden señales de radio, la velocidad que se emplea es la de la luz, es decir, 300000 km/s. El problema se reduce a conocer la duración del viaje que realiza esta señal. Este cálculo plantea algunos problemas ya que, entre otros, su tiempo es muy pequeño (en algunos casos puede llegar a ser de 0.067 segundos). Un receptor GPS mide este tiempo de acuerdo con el siguiente ejemplo: supongamos que a mediodía se pudiera sincronizar simultáneamente el receptor y el satélite. Una vez sincronizados, se acuerda que a partir de un instante determinado receptor y satélite empiezan a realizar una cuenta (1, 2, 3...). Cuando la señal procedente del satélite llega al receptor, ésta llega con un cierto desfase como consecuencia de la distancia. Al receptor sólo le basta medir este desfase (podría ocurrir que la señal con la cuenta 100 llegue al receptor cuando éste va por la cuenta 170, lo cual representaría un desfase de 70). Una vez se ha calculado este desfase, sólo tiene que multiplicarse el tiempo desfasado por la velocidad de la luz (en el ejemplo, y suponiendo que las cuentas se realizan en milisegundos, $300000 \text{ km/s} \times 0.07 \text{ s} = 21000 \text{ km}$). Para realizar esta sincronización y esta cuenta, los emisores y los receptores del GPS utilizan un método denominado "Pseudo-Random Code" (código pseudoaleatorio) o PRC.

El código PRC es un elemento fundamental del GPS. Se trata de una señal digital muy compleja que parece casi aleatoria, de ahí su nombre. Este código se transmite empleando una señal transportadora a una frecuencia de 1575.42 MHz, (receptor monofrecuencia), e incluye un mensaje de estado (posición del satélite, correcciones horarias y otros estados del sistema). Los emisores también emplean una segunda frecuencia a 1227.60 MHz, que en un principio únicamente tenía un uso militar, dada la precisión que permite su uso, y que en la actualidad tiene también un uso civil (receptores bifrecuencia).

El código PRC es complejo para evitar errores accidentales, su falsificación, y la superposición de las señales de los distintos satélites. Gracias a la complejidad de esta señal, no es necesario emitir señales muy potentes ni transportar una antena parabólica para recibir la señal del satélite y distinguirla entre el ruido ambiental. Para distinguirla basta con compararla con el patrón almacenado en el receptor. Ya se ha comentado que la precisión y la exactitud en la medida de la distancia a los satélites son cruciales para

el perfecto funcionamiento del GPS. Para ello, se debe disponer de relojes enormemente precisos, ya que una milésima de segundo a la velocidad de la luz puede suponer un error de 300 km. Para los satélites esto no supone un problema ya que cada uno de ellos dispone de un reloj atómico en su interior. Lamentablemente, dado el coste y el tamaño, es imposible disponer de un reloj atómico en un receptor. Para solucionar este problema, los ingenieros que desarrollaron el GPS simularon un "reloj atómico" mediante la recepción de la señal de un satélite extra. La recepción de una señal extra permite que el receptor pueda calcular los errores producidos en la medición y comparación del tiempo y compensarlos, de ahí la necesidad de emplear cuatro satélites para la medición de la posición, en lugar de tres como sería de esperar en un sistema tridimensional. Gracias a este "reloj atómico", los receptores pueden emplearse para algo más que el cálculo de posiciones, como la calibración de otros sistemas de navegación, la sincronización de sistemas informáticos u otros equipos, o la sincronización con el horario universal, entre otros.

Se ha visto cómo puede calcularse la posición en la superficie terrestre a partir de la posición conocida de cuatro o más satélites. Dado que en el espacio no hay atmósfera, se pueden introducir satélites en órbitas invariantes que seguirán modelos matemáticos previamente calculados. De este modo, siempre puede conocerse la posición de cada uno de los satélites en un momento dado. Para ello, los receptores GPS disponen de unos almanaques programados que indican en qué lugar del espacio se encuentran los satélites en cada momento. A pesar de que estas órbitas son suficientemente exactas, las estaciones de tierra comprueban constantemente sus posiciones. Para ello emplean radares muy precisos que permiten medir la posición y velocidad exactas, y calculan los posibles errores. Estos errores se denominan "errores de efemérides" ya que afectan a la órbita de los satélites o efemérides. Estos errores se producen como consecuencia del efecto de las atracciones gravitacionales de la Luna y el Sol o por la presión de la radiación solar en los satélites. A pesar de todo, estos errores son mínimos, aunque, si se desea un sistema preciso, deben tenerse en cuenta. Una vez detectados, se retransmiten estos errores a los satélites para que éstos puedan incluir la nueva información en las señales emitidas. De este modo, la señal que incluye el PRC es algo más que una señal de sincronizado, es también una señal que contiene información sobre la efemérides.

A pesar de todas las correcciones realizadas hasta el momento, aún queda una serie de errores por corregir. Hasta ahora se ha considerado que las señales viajan en el vacío y sin ningún obstáculo. Sin embargo, nuestro planeta está rodeado por la atmósfera, que afecta considerablemente a la recepción de las señales. Existen dos métodos para reducir este error.

El primero de ellos pasa por aplicar un modelo matemático actualizable a partir de la información recibida de los satélites y que simula el comportamiento de la atmósfera. El segundo método consiste en la medición dual de frecuencias, un sistema que al principio únicamente empleaban los receptores militares y que en la actualidad está abierto para uso civil, y que utiliza las dos señales emitidas por los satélites.

Una vez que la señal llega a la superficie de la Tierra, puede reflejarse en diversos obstáculos. De este modo, el receptor puede recibir una señal directa del satélite y, con un ligero desfase, la misma procedente de un reflejo. A este error se le denomina error de trayectoria múltiple. Para eliminarlo, los receptores únicamente tienen en cuenta la señal que llegó en primer lugar, la procedente directamente del satélite.

También pueden producirse errores en los satélites como consecuencia de desfases en los relojes o desvíos en las trayectorias. Además, estos errores pueden magnificarse por un principio denominado dilución geométrica de la precisión o GDOP (Geometric Dilution of Precision). Para reducir este error, los buenos receptores determinan qué satélites son los que proporcionan el menor GDOP, que son aquellos que se encuentran más distanciados entre sí.

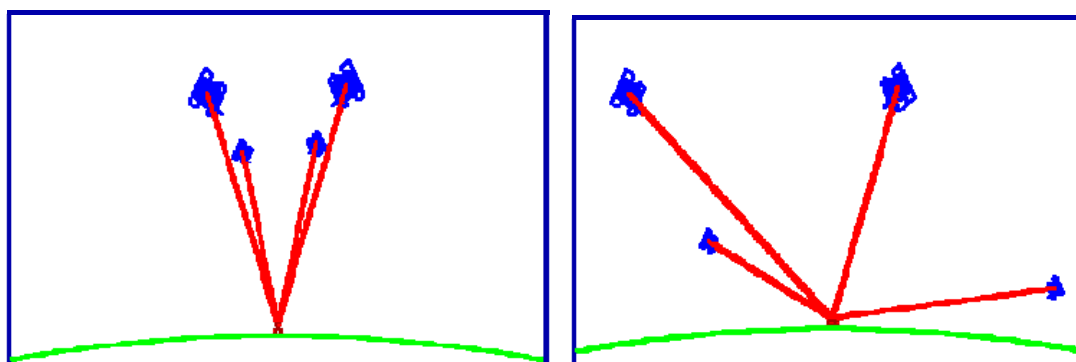


Figura 2.2 Izquierda, medida con GDOP malo. Derecha, medida con un GDOP bueno (Leica, 1999)

A grandes rasgos, podemos dividir los campos de aplicación del GPS en cinco:

1. Posicionamiento: la aplicación más obvia del GPS es la de determinar una posición o localización. El GPS es el primer sistema que permite determinar con un error mínimo la posición en cualquier lugar del planeta.
2. Navegación: dado que se pueden calcular posiciones en cualquier momento y de manera repetida, conocidos dos puntos se puede determinar un recorrido o, a partir de dos puntos conocidos, determinar la mejor ruta entre ellos.
3. Seguimiento: mediante la adaptación del GPS a sistemas de comunicación, un vehículo o persona puede comunicar su posición a una central de seguimiento.
4. Topografía: gracias a la precisión del sistema, los topógrafos cuentan con una herramienta muy útil para la determinación de puntos de referencia, accidentes geográficos o infraestructuras, entre otros, lo que permite disponer de información topográfica precisa, con pequeños errores y fácilmente actualizable.
5. Sincronización: dada la característica adicional de medición del tiempo de que disponen los receptores GPS, se puede emplear este sistema para determinar momentos en los que suceden o sucederán determinados eventos, sincronizarlos, unificar horarios...

GPS Diferencial

Se desarrolló principalmente por la introducción de la disponibilidad selectiva, o limitación de la precisión por motivos militares, ya desaparecida desde principios del siglo 21. Es un procedimiento mediante el cual se intenta mejorar la precisión obtenida a través del sistema GPS. El fundamento radica en el hecho de que los errores producidos por el sistema GPS afectan por igual (o de forma muy similar) a los receptores situados próximos entre sí.

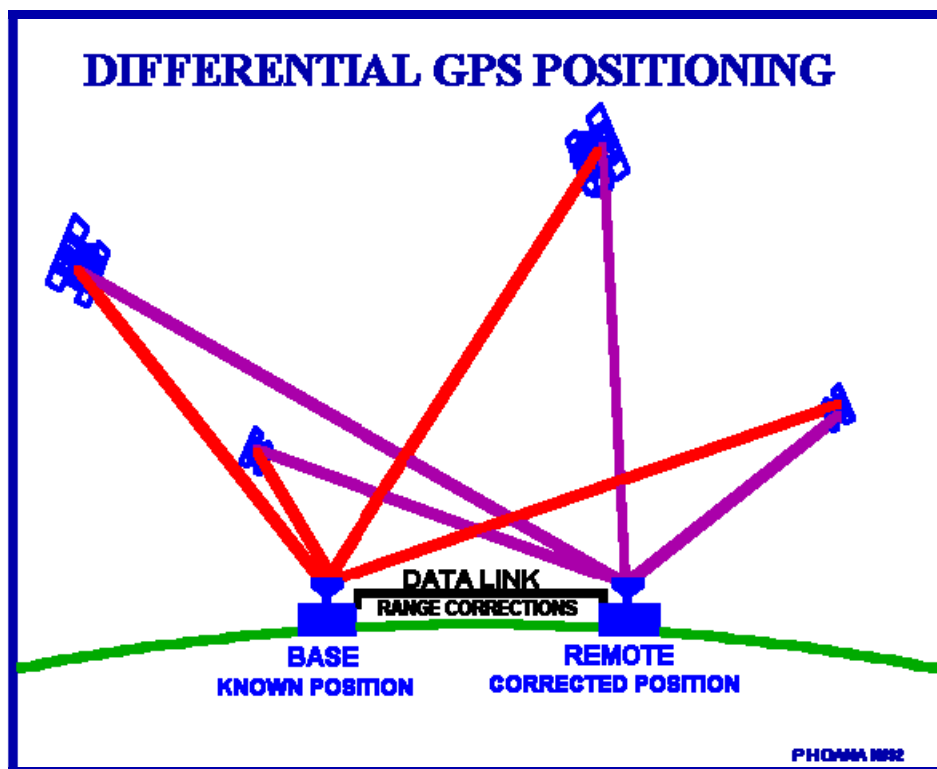


Figura 2.3. Esquema del procedimiento de corrección diferencial (Leica 1999).

Si se supone que un receptor, basándose en otras técnicas, conoce muy bien su posición, si este receptor recibe la posición dada por el sistema GPS será capaz de estimar los errores producidos por dicho sistema. Si este receptor transmite la corrección de errores a los receptores próximos a él, éstos podrán corregir también los errores producidos por el sistema.

En el sistema diferencial un receptor GPS se sitúa en una base, una estación que conoce su posición con una precisión muy alta. En esta estación se realizan dos tipos de correcciones:

- Una corrección directamente aplicada a la posición. Esto tiene el inconveniente de que tanto el usuario como la estación monitora deberán emplear los mismos satélites.
- Una corrección aplicada a las pseudodistancias de cada uno de los satélites visibles. En este caso el usuario podrá hacer la corrección con los 4 satélites con mejor relación señal/ruido. Esta corrección es más flexible.

Estas correcciones pueden ser transmitidas vía radio o GSM a un receptor móvil, realizando este receptor la corrección diferencial en tiempo real. En zonas donde la comunicación entre el receptor base y el móvil tenga dificultades, o no se disponga de transmisores en los receptores, se aplicará la corrección en postprocesado, esto es, se almacena toda la información de los receptores en su memoria y luego en la oficina se realiza la corrección. Como es obvio, para poder realizar la corrección diferencial, tanto en tiempo real como en postprocesado, la medida de los receptores debe de ser simultánea y al menos con cuatro satélites comunes.

2.2. EL SISTEMA DE COORDENADAS EN GRAVIMETRÍA

El sistema GPS proporciona coordenadas en el sistema global WGS84 (World Geodetic System del año 1984) asociado al elipsoide del año 1984.

En este trabajo se ha seguido el protocolo de la norma UNE 22-611-85, Prospección Geofísica Terrestre, método gravimétrico, que establece que el cálculo de la anomalía de Bouguer se realice con coordenadas referidas al sistema ED50 (*El sistema ED50 surgió como resultado de la unificación de los sistemas de referencia europeos llevado a cabo por el ejército de los Estados Unidos después de la segunda guerra mundial. La solución les fue proporcionada a las naciones europeas en 1950. El elipsoide que utiliza es el Internacional de 1924. El semieje mayor tiene una longitud de 6.378.388 m, y el aplastamiento un valor de $1/f = 1/297$. El punto astronómico fundamental está en la torre de Helmert en la ciudad alemana de Potsdam. En el caso de España es sistema altimétrico tiene el origen en el mareógrafo de Alicante*).

Todas las coordenadas de los datos geofísicos almacenados en la base de datos geofísicos de IGME, SIGEOF, se encuentran referidos al sistema ED50, con cotas ortométricas referidas al nivel del mar en Alicante. Por ello las coordenadas obtenidas con los receptores GPS, referidas al sistema WGS84 y altura elipsoidal, deben de ser transformadas al sistema de referencia ED50 y altura ortométricas.

En el Real Decreto 1071/2007 de 27 de Julio por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España, se indica que para el año 2015 el sistema geodésico de

referencia oficial en España pasa a ser el ETRS89, que debe sustituir al sistema de referencia ED50; para las precisiones requeridas, el error cometido al usar el WGS84 en vez del ETRS89 es despreciable, por lo que se dan como válidas las coordenadas obtenidas con los receptores GPS.

En el caso de los datos gravimétricos, el valor de la gravedad normal se establece a partir de la existente sobre una superficie de referencia o geoide (aproximado por un elipsoide de revolución), a nivel del mar, y depende de la latitud geográfica. La adopción de diferentes elipsoides y/o valores de G, da lugar a diferentes sistemas de referencia de las campañas gravimétricas. La norma UNE 22-611-85, Prospección Geofísica Terrestre, método gravimétrico, establece para el cálculo de la gravedad normal el sistema geodésico GRS67. Este sistema emplea para el cálculo de la gravedad normal la expresión de la Fórmula Internacional de la Gravedad 1967 (con Datum Potsdam 981260 mGal) y con la latitud en el sistema de referencia ED50. Los datos gravimétricos almacenados en SIGEOF, cumplen con la norma UNE, por lo que se han calculado de acuerdo al sistema GRS67.

Cuando las coordenadas se adquieran con receptores GPS, coordenadas elipsoidales referidas al elipsoide del año 1984, la anomalía de Bouguer debería de calcularse en el sistema geodésico de referencia GRS80, siendo lo más adecuado seguir las modificaciones indicadas en el artículo *New standards for reducing gravity data: The North American gravity database* (Hinze et al., 2005).

En este Proyecto, el objeto de hacer el cálculo de la gravedad en el sistema GRS67, además de en el sistema GRS80, es poder enlazar y comparar los datos gravimétricos con los almacenados en la base de datos SIGEOF.

La altura ortométrica, H, es la altura referida al geoide (nivel medio del mar, en España se toma como referencia su valor en Alicante), mientras que la altura elipsoidal, h, es la altura referida al elipsoide. La altura medida con GPS proporciona la altura elipsoidal referida al elipsoide internacional WGS84.

Para convertir alturas elipsoidales en alturas ortométricas se requiere conocer la altura del geoide N (separación entre el geoide y el elipsoide), de manera que:

$$H = h - N$$

El problema es que la superficie del geoide no suele conocerse bien, en general, y su cálculo se actualiza constantemente (Fairhead et al., 2003). En este trabajo se ha empleado el modelo de Geoide Global EGM96. Habitualmente, las alturas se expresan en metros.

Para el cálculo de la gravedad normal en el sistema geodésico GRS80, la latitud debe estar referida al WGS84 mientras que para el cálculo de la gravedad normal en el sistema geodésico GRS67, la latitud debe estar referida al ED50. En ambos casos, para realizar la corrección topográfica hay que utilizar coordenadas UTM referidas al ED50 y alturas ortométricas, ya que los modelos digitales del terreno actualmente disponibles se han obtenido a partir de alturas ortométricas.

2.3. SELECCIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN

El primer paso dentro de este proyecto ha sido la selección de la instrumentación a emplear, en este caso la elección de los receptores GPS. Por ello, a finales del año 2005 se comenzaron a realizar pruebas empleando receptores GPS bifrecuencia que realizaban corrección diferencial en tiempo real vía satélite. En las pruebas realizadas con estos receptores se produjeron problemas con las conexiones, lo que en algunos puntos ralentizó enormemente, e incluso impidió, la toma de datos, por lo que esta instrumentación fue descartada. Además, el uso de este tipo de sistema suponía una suscripción anual de unos 1500 euros, lo que encarecía la adquisición.

En el caso de la cartografía gravimétrica a escala 1:50000, que es la que se ha tomado como referencia en este proyecto, es necesario realizar lecturas gravimétricas, con sus correspondientes coordenadas, con una distribución mínima de 1 punto por km². Dado el volumen de datos y las grandes extensiones que cubren, se descartaron los sistemas GPS que realizan la corrección diferencial en tiempo real vía radio (ya que son distancias grandes para asegurar enlace en todos los puntos) o vía GSM (al no existir cobertura telefónica en la totalidad del territorio, que de hecho es lo que ha ocurrido en nuestra zona de trabajo).

Finalmente se optó por un sistema GPS monofrecuencia, efectuando las medidas en modo estático, con un receptor situado en base de forma permanente, y receptores móviles desplazándose con los gravímetros, realizándose la corrección diferencial mediante post-procesado en la oficina, fotos 2.1 y 2.2.

Los aparatos adquiridos inicialmente fueron los PROMARK2 de la casa Ashtech (foto 2.3). Este instrumento GPS posee capacidad de lectura y almacenamiento de la señal con una precisión centimétrica y posibilidad de trabajar en modo estático o cinemático. El número de aparatos adquiridos fue de tres, con la idea de emplear uno de ellos como base y los otros dos como móviles junto con los gravímetros.

A mitad de la campaña se cambiaron los aparatos PROMARK2 por otros nuevos, PROMARK3, de la misma casa pero de nueva generación (foto 2.4). Estos nuevos aparatos incorporan importantes mejoras con respecto a los anteriores como son: mayor memoria de almacenamiento, pilas recargables de duración más larga, y posibilidad de incorporar radio o transmisión GSM para el procesado en tiempo real. Asociado al cambio de aparatos se produjo el cambio de software de procesado pasando del “Ashtech Solutions” al software “GNSS Solutions”.



Foto 2.1. Equipo instalado en un vértice actuando como base GPS.



Foto 2.2 Medida simultánea de gravimetría y GPS en un punto de la campaña.



Foto 2.3 Equipo Promark2



Foto 2.4 Equipo Promark3

2.4. PRUEBAS DE LA INSTRUMENTACIÓN ELEGIDA Y ESTABLECIMIENTO DE PARÁMETROS DE MEDIDA

La Norma UNE 22-611-85 de Prospección geofísica terrestre, concretamente referida al método gravimétrico, establece una tabla de errores admisibles en función de la escala de trabajo. Para una escala de 1:50000, con una densidad de estaciones mínima de 1 estación por kilómetro cuadrado, establece un intervalo máximo entre isolíneas de 0.5 mGal; teniendo en cuenta que el valor del coeficiente combinado de Bouguer y de Faye para una densidad de 2.0 g/cm^3 es 0.2248 mGal/m, para este tipo de campañas los

errores en cota deben de estar por debajo de 1 metro. Por otro lado, la misma Norma establece que: “la exactitud de las mediciones se controlará de la manera siguiente: al menos un 5% de las estaciones serán medidas dos veces en el curso de programas distintos”. En el caso de los datos gravimétricos regionales, como la escala de trabajo es de 1:50000 a 1:100000 (esto es, de 0.16 a 4 estaciones por km²), el valor del error cuadrático medio (Ecm) de las diferencias en la gravedad observada obtenida por ambas lecturas debe ser inferior a 0.15 mGal. Análogamente, el Ecm para las repeticiones de las coordenadas X e Y en metros es de +/- 200 y para la cota Z debe ser inferior a 1.2 m.

Para su cálculo debe emplearse la siguiente fórmula:

$$Ecm = \pm \sqrt{\frac{\sum d^2}{2N}}$$

siendo d la diferencia entre la primera medición y la repetición y N el número de puntos repetidos.

Antes de su adquisición, y para comprobar que los instrumentos GPS seleccionados (PROMARK2) eran adecuados para el trabajo a realizar, se efectuaron unas pruebas de medición empleando como referencia algunos vértices localizados en la comunidad de Madrid y próximos a la sede del IGME en Tres Cantos.

Los vértices utilizados han sido: La Ollera (vértice Regente), Navalmelendro y Hormigales, cuyas características se describen en el Anexo 4. Se llevaron a cabo dos pruebas, una el día 23 de febrero de 2006, que sirvió para establecer un primer contacto con los aparatos y conocer su funcionamiento, y otra el 1 de marzo de 2006 donde se efectuaron las mediciones propias del ensayo.

En una medida GPS se obtienen de manera directa la latitud, longitud y la cota (elipsoidal) del punto, referidas al elipsoide WGS84. Como se ha dicho anteriormente, para el posicionamiento de las estaciones gravimétricas se emplean coordenadas en la proyección UTM con el Datum ED50, y alturas ortométricas referidas al nivel del mar en Alicante, lo que hace necesaria una transformación de un sistema de coordenadas al otro. El propio aparato lleva incorporado el software capaz de realizar esta

transformación por lo que las coordenadas son visualizadas en el sistema deseado. Sin embargo los parámetros de transformación empleados son muy generales, y es posible ganar precisión mediante el cálculo de una transformada local para la zona de trabajo, empleando para su cómputo referencias locales (en nuestro caso vértices Regentes) de la zona.

El cálculo de la transformada local se realiza mediante el software proporcionado con los equipos de medida, “Ashtech Solutions” con los equipos Promark2 y “GNNS Solutions” con los equipos Promark3.

Para la realización de este ensayo se ha calculado un sistema de coordenadas local denominado “localmadrid”, empleando para ello las coordenadas de cuatro vértices Regentes localizados dentro de la zona norte de la comunidad de Madrid: La Ollera, Galapagar3, IGNc. y Coberteras. Los vértices regentes son puntos que disponen de coordenadas en los dos sistemas de coordenadas, WGS84 y ED50. Mediante este programa se han obtenido los parámetros que definen esta transformación local de coordenadas geográficas WGS84 a coordenadas UTM ED50 y que se adjuntan en el Anexo 4. Para la transformación de las cotas elipsoidales a ortométricas, y viceversa, se ha empleado el geoide universal EGM96.

La metodología ensayada ha sido la de colocar la base GPS en el vértice Regente de La Ollera, a continuación se han posicionado los dos aparatos móviles, GPS1 y GPS2, en cada uno de los vértices empleados: el propio de La Ollera, el vértice de Hormigales situado a una distancia de 5 km del vértice base, y el vértice de Navalmelendro situado a 11.5 km de la base. En cada uno de los vértices, y con cada aparato, se han tomado tres lecturas, la primera de 5 minutos de duración, la segunda de 12 minutos y la tercera de 20 minutos.

TIEMPO											
APARATO	(minutos)	VERTICE	X	Y	Z	X _v	Y _v	Z _v	X-X _v	Y-Y _v	Z-Z _v
GPS1	20	OLLERA	438508,96	4502261,84	889,20	438509,22	4502262,00	889,20	-0,26	-0,16	0,00
GPS1	7	OLLERA	438508,96	4502261,84	889,20	438509,22	4502262,00	889,20	-0,26	-0,16	0,00
GPS1	5	HORMIGALES	436660,96	4513802,72	1041,72	436660,87	4513802,87	1041,50	0,09	-0,15	0,22
GPS1	12	HORMIGALES	436660,90	4513802,88	1041,99	436660,87	4513802,87	1041,50	0,03	0,00	0,49
GPS1	20	HORMIGALES	436660,90	4513802,88	1042,01	436660,87	4513802,87	1041,50	0,03	0,01	0,51
GPS1	5	NAVALMELENDRO	443330,62	4504270,22	862,52	443330,79	4504270,18	862,40	-0,17	0,04	0,12
GPS1	12	NAVALMELENDRO	443330,61	4504270,23	862,52	443330,79	4504270,18	862,40	-0,18	0,05	0,12
GPS1	20	NAVALMELENDRO	443330,75	4504270,25	862,53	443330,79	4504270,18	862,40	-0,04	0,07	0,13
GPS1	7	OLLERA	438509,52	4502262,10	889,01	438509,22	4502262,00	889,20	0,30	0,09	-0,19
GPS1	12	OLLERA	438508,96	4502261,84	889,20	438509,22	4502262,00	889,20	-0,26	-0,16	0,00
GPS2	20	OLLERA	438508,92	4502262,03	889,20	438509,22	4502262,00	889,20	-0,30	0,03	0,00
GPS2	7	OLLERA	438508,92	4502262,03	889,19	438509,22	4502262,00	889,20	-0,30	0,03	-0,01
GPS2	5	HORMIGALES	436660,49	4513802,74	1041,49	436660,87	4513802,87	1041,50	-0,38	-0,13	-0,02
GPS2	12	HORMIGALES	436660,80	4513802,70	1041,98	436660,87	4513802,87	1041,50	-0,07	-0,17	0,48
GPS2	20	HORMIGALES	436660,81	4513802,70	1042,00	436660,87	4513802,87	1041,50	-0,06	-0,17	0,50
GPS2	5	NAVALMELENDRO	443330,74	4504270,37	862,52	443330,79	4504270,18	862,40	-0,05	0,19	0,12
GPS2	12	NAVALMELENDRO	443330,74	4504270,38	862,52	443330,79	4504270,18	862,40	-0,05	0,20	0,12
GPS2	20	NAVALMELENDRO	443330,75	4504270,40	862,53	443330,79	4504270,18	862,40	-0,04	0,21	0,13
GPS2	7	OLLERA	438508,92	4502262,03	889,20	438509,22	4502262,00	889,20	-0,30	0,03	0,00
GPS2	12	OLLERA	438508,92	4502262,04	889,20	438509,22	4502262,00	889,20	-0,30	0,04	0,00

Tabla 2.1.- Medidas realizadas con los aparatos GPS1 y GPS2 en los vértices. Las coordenadas mostradas son ED50 y las cotas son ortométricas, con metros como unidades (X,Y,Z calculadas tras procesado a partir de medidas GPS; X_v, Y_v, Z_v valores propios del vértice).

Como se observa en la tabla 2.1, se han calculado las diferencias entre las coordenadas obtenidas por GPS tras el procesado y las coordenadas propias del vértice. La precisión media obtenida en el cálculo de las coordenadas ha sido de 38 cm en la coordenada X, 21 cm en la coordenada Y, y de 50 cm en la Z, todas ellas dentro del rango admisible para los trabajos de gravimetría regional. La precisión de la coordenada Z, la más sensible de las tres en gravimetría, disminuye teóricamente con la distancia entre el receptor en base y el receptor móvil, sin embargo dentro de este ensayo y en el rango de distancias empleadas (inferiores a 15 km), la distancia no ha significado un agravante (de hecho ha sido en el vértice Hormigales, el más cercano a la base, en el que se ha obtenido peores resultados). No obstante, se recomienda que la línea base, distancia base-móvil, no supere los 15 km. También se ha observado que las precisiones en general no han mejorado a partir de un tiempo de lectura superior a los 12 minutos, por lo que se ha adoptado este valor como tiempo de medida en cada punto en la campaña de campo.

2.5. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA ADOPTADA

Como resultado de las pruebas realizadas y descritas en el apartado anterior, se ha comprobado que el empleo de aparatos GPS tipo PROMARK 2, posteriormente PROMARK 3, con corrección diferencial realizada en post procesado proporciona las coordenadas de los puntos medidos con el gravímetro dentro de los límites admitidos para campañas gravimétricas de carácter regional.

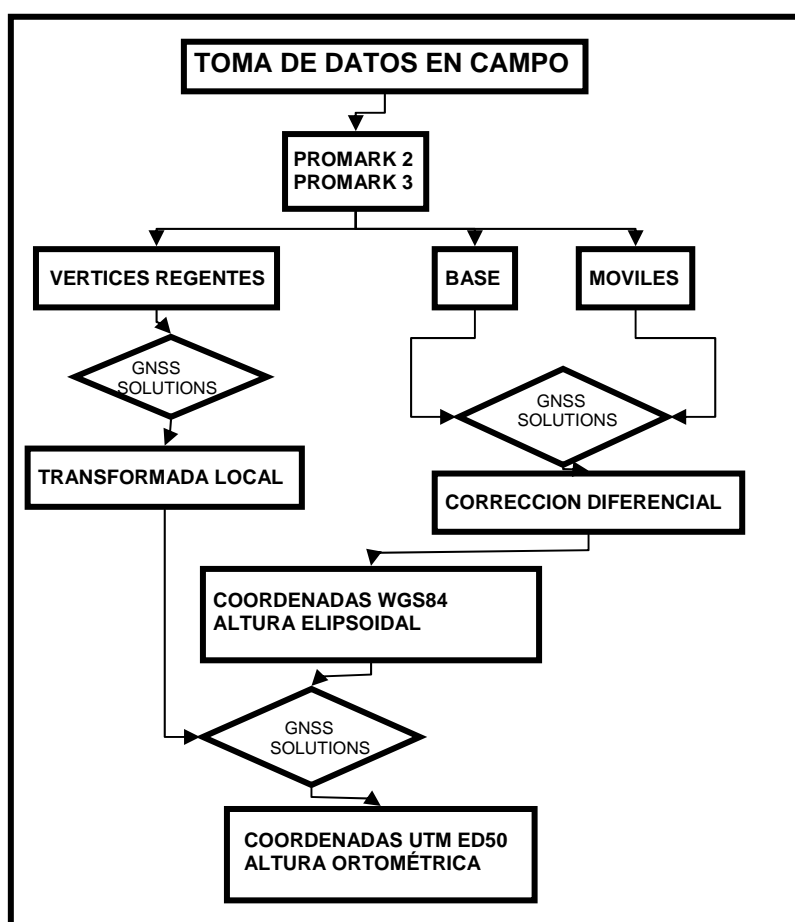


Figura 2.4. Esquema del proceso de obtención de coordenadas mediante receptores GPS.

En la figura 2.4 se presenta un esquema de la metodología adoptada para obtener las coordenadas de los puntos de medida simultáneamente con la lectura del gravímetro. Esta metodología permite que, en campo, ambos instrumentos puedan ser operados por una sola persona, aunque para mayor agilidad y seguridad se recomienda sean dos las personas que operen ambos aparatos, gravímetro y GPS. Esta metodología supone por

tanto un ahorro considerable, tanto en el tiempo de duración de la campaña, como en el coste económico de la misma.

La adquisición y procesado de coordenadas GPS comprende las siguientes etapas:

Toma de datos en campo

Se sitúa al comienzo de la jornada un receptor GPS en una base, preferentemente un vértice geodésico Regente. Este instrumento permanecerá tomando medidas en la base a lo largo de todo el programa de medida. Una vez comience a medirse en la base y se empiece a obtener una lectura estable en la misma, normalmente tras unos 5-10 minutos, nunca antes, se puede comenzar a medir con el receptor móvil en los puntos de medida; esta operación tiene como justificación el que para poder realizar la corrección diferencial con posterioridad, es necesario que el aparato situado en la base y el empleado como móvil obtengan lecturas con al menos cuatro satélites en común. El tiempo de lectura con el aparato móvil en cada punto de medida con el Promark 2 no debe de ser inferior a diez minutos, aunque con los nuevos aparatos Promark3 puede ser rebajado a unos 8 minutos. La distancia entre el aparato en la base y el móvil se recomienda no supere los 10 km, si bien con los Promark3 puede aumentarse hasta 15 km.

Dado que sólo existe un vértice Regente por cada hoja topográfica 1:50.000 y que en muchos casos la distancia desde las estaciones que se van a medir al vértice Regente es demasiado grande (superior al límite de 10 km para la línea-base), se hace necesario dar coordenadas GPS a vértices que no son Regentes y utilizarlos como tales en la campaña. En esta operación se precisan uno o mas vértices Regentes, se sitúa un aparato en un vértice Regente y el otro en el vértice a medir, y los tiempos de lectura se incrementan a más de dos horas para obtener mejores precisiones en las medidas. A las coordenadas WGS84 obtenidas en el vértice no Regente, se les aplica la corrección diferencial empleando los valores del aparato en base. Esta operación se realiza, si es posible, desde varios vértices Regentes, al menos dos, para así poder comparar las coordenadas obtenidas en cada medida y obtener las coordenadas de la nueva base con mayor precisión.

Debido a los problemas de inaccesibilidad de algunos vértices geodésicos se ha valorado el establecer como vértice secundario un lugar característico y fácilmente accesible (cruce de caminos, carretera etc.). El principal problema de esta opción es que los instrumentos que se emplean nos exigen periodos muy largos de lectura, varias horas, para conseguir las precisiones necesarias en las coordenadas del punto para poder considerarlo como base de referencia, siendo muy difícil de comprobar los errores que se cometen y si éstos son aceptables.

Cálculo de transformada local

Para ganar en precisión, es recomendable el uso de valores locales para calcular una transformada entre el sistema de referencia GPS y el sistema ED50. Para ello se seleccionan cuatro vértices Regentes que se encuentren dentro o próximos a la zona de trabajo, ya que son puntos con valores en los dos sistemas de coordenadas, y se realiza el cálculo con el software disponible “GNSS Solutions”. El Geoide seleccionado para este cálculo de transformadas de coordenadas es el EGM96. Sería preferible disponer de un geode local y poder introducirlo en el software de procesado para mejorar la precisión de esta transformada, pero hasta el momento esta opción no ha sido posible. En el Anexo 5 se adjuntan todas las transformadas locales calculadas en este Proyecto.

Cálculo de las coordenadas de los puntos de la campaña

El cálculo de las coordenadas de los puntos de la campaña se realiza con el software GNSS. Se descargan los datos GPS por días. En primer lugar se descarga el fichero del GPS instalado en la base, y se introducen las coordenadas GPS de la base para poder realizar la corrección diferencial. Luego se descargan los ficheros de datos de cada uno de los GPS móviles utilizados. El propio programa se encarga de realizar el cálculo de las correcciones diferenciales, obteniéndose las coordenadas GPS (longitud, latitud y altura elipsoidal) de todos los puntos de la campaña. A continuación, mediante el empleo de la transformada local de la zona, anteriormente calculada, se realiza la transformación a coordenadas UTM ED50 y altura ortométrica.

2.6. CONTROLES DE LA CALIDAD DE LAS MEDIDAS GPS DURANTE LAS CAMPAÑAS REALIZADAS

A lo largo de las campañas llevadas a cabo en las zonas piloto seleccionadas se han efectuado dos tipos de controles. El primero, realizado para controlar la exactitud de la medida, se ha llevado a cabo midiendo en vértices geodésicos y comparando las coordenadas obtenidas con las del propio vértice. El segundo se ha realizado mediante repeticiones de las medidas efectuadas.

2.6.1. Control de precisión

Para estudiar la exactitud de los valores medidos y calculados, se ha procurado tomar algunas lecturas en vértices existentes y así poder comparar el valor obtenido con el del vértice conocido. Desafortunadamente, se ha comprobado que algunos de los vértices empleados, y que vienen indicados en las hojas 1:50000, han sido abandonados por el IGN y no se dispone de referencias actuales de los mismos, por lo que solo se ha podido realizar este estudio en los vértices siguientes:

Vértice Carrapito, vértice regente situado en la provincia de León dentro de la hoja del mapa topográfico a escala 1:50000 número 158, y cuyas coordenadas se detallan en la figura 2.5.


15866 - Carrapito			
COORDENADAS ED 50			
Fecha de la compensación:		15/12/1993	
Longitud	-6° 38' 13,3081"	Latitud:	42° 36' 40,0447"
X utm:	693825.5	Y utm:	4720423.36
Altura ortomé.:	607.4 m	Referida a	la Base del Pilar
Desv. Esta. X:		Desv. Esta. Y:	
Desv. Esta. Z:		Huso:	29
Convergencia:	1° 36' ,9794"	Factor de escala:	1.0000621938
COORDENADAS WGS84			
Fecha de la compensación:		30/10/2000	
Longitud	-6° 38' 18,5149"	Latitud:	42° 36' 35,9440"
X utm:	693701.507	Y utm:	4720209.005
Altura ortomé.:	0.0 m	Referida a	
Altura Elipsoidal:	664.922 m	Referida a	Centrado Forzado
Desv. Esta. X:	0.00100000004749745	Desv. Esta. Y:	0.00100000004749745
Desv. Esta. Z:	0.00800000037997961	Huso:	29
Convergencia:	1° 35' 57,3265"	Factor de escala:	1.0000616379
			

Figura 2.5. Coordenadas del vértice regente Carrapito

Este punto corresponde a la estación nº 668 de la campaña del Bierzo. Como se ha efectuado la medida en el suelo, junto a la base del vértice, justo donde se ha medido con el gravímetro, a la cota obtenida se le han añadido 2.2 m, correspondientes a la altura donde se localiza la referencia del vértice. Las coordenadas obtenidas han sido las siguientes:

Coordenadas WGS84:

- Longitud: 6° 38' 18.5149 ''
- Latitud: 42° 36' 35.9440''
- Altura elipsoidal: 664.84 m

Coordenadas UTM ED50 y altura ortométrica (Aplicando la transformada local):

- X : 693825.73 m
- Y : 4720420.30 m
- Z ortométrica: 607.17 m

Comparando los valores de coordenadas UTM ED50 con altura ortométrica se observa que la diferencia obtenida entre el valor medido y el valor en el vértice ha sido:

- 0.23 m en X
- -3.06 m en Y
- -0.23 m en Z

Otro vértice medido ha sido el de Pino Gordo, situado en la provincia de Huelva dentro de la hoja a escala 1:50000 n° 896 (Higuera la Real) y cuyas coordenadas se muestran en la figura 2.6.

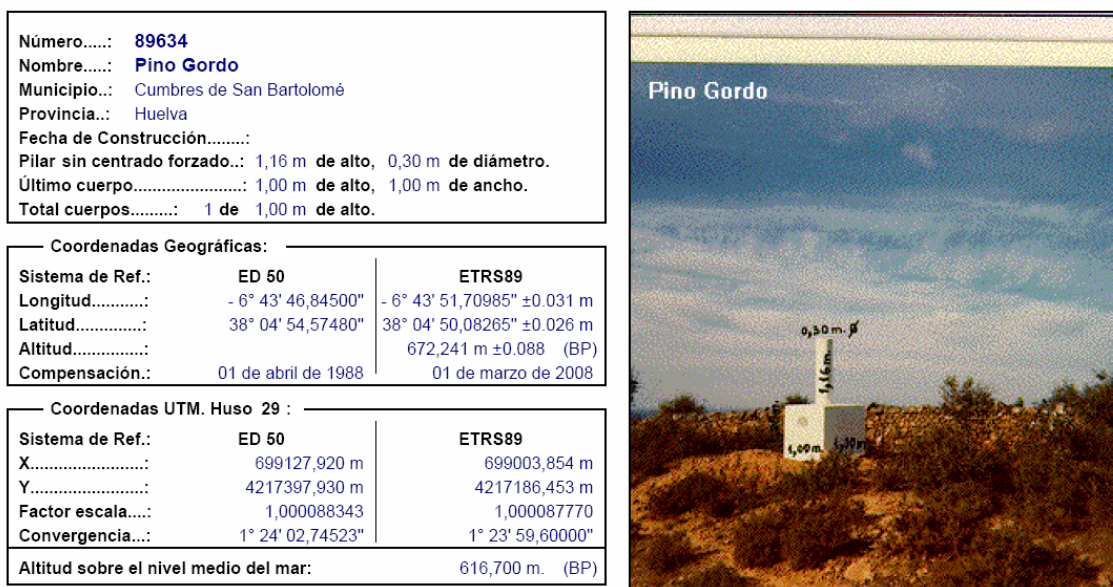


Figura 2.6. Coordenadas y características del vértice geodésico Pino Gordo

Las coordenadas obtenidas mediante medición en el propio vértice con nuestros aparatos una vez corregidos diferencialmente han sido:

Coordenadas WGS84:

- Longitud 6° 43' 51.69884''
- Latitud 38° 04' 50.08910''
- Altura elipsoidal 672.23 m

Coordenadas UTM ED50

- X : 699128.23 m
- Y : 4217398.04 m
- Z ortométrica : 610.60 m

Comparando los valores de coordenadas UTM ED50 con altura ortométrica se observa que la diferencia obtenida entre el valor medido y el valor en el vértice ha sido:

- 0.31 m en X
- 0.11 m en Y
- 0.1 m en Z

Como se observa los resultados en ambos vértices son bastante buenos y se encuentran dentro de los límites aceptados.

2.6.2. Control de repeticiones

Zona de León:

Se han tomado un total de 1431 medidas de GPS. Como control de calidad se han efectuado 172 repeticiones, lo que supone un 12 % del total de las medidas realizadas.

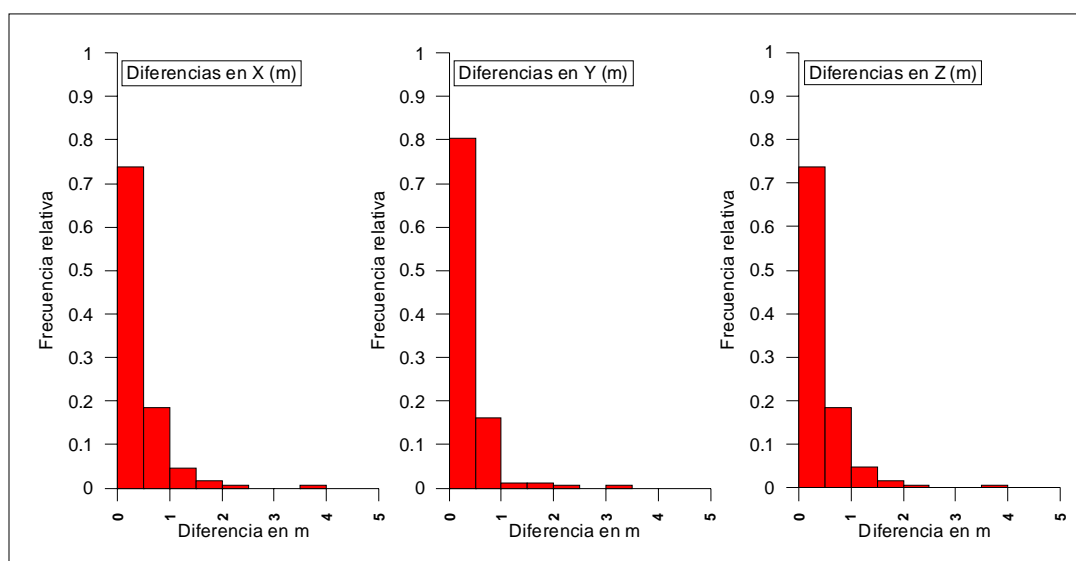


Figura 2.7. Gráficos de frecuencia relativa de las diferencias en metros obtenidas para las coordenadas X, Y (UTM ED50) y Z (Ortométrica), en la zona de León.

Como se observa en la figura 2.7, donde se muestran los gráficos de frecuencia relativa de las diferencias obtenidas en las repeticiones, para la coordenada X (UTM ED50) se ha obtenido el resultado siguiente:

- 157 valores por debajo de 1 m de diferencia
- 11 valores entre 1 y 2 m de diferencia
- 1 valor entre 2 y 3 m
- 3 valores superiores a 3 m. (El valor máximo es de 34.44 m, que no puede considerarse dentro de este cómputo al ser claramente un error accidental)
- Valor medio de las diferencias 0.62 m
- Un error cuadrático medio de las repeticiones de 3.93 m

para la coordenada Y (UTM ED50) se ha obtenido el resultado siguiente:

- 164 valores por debajo de 1 m de diferencia
- 5 valores entre 1 y 2 m de diferencia
- 1 valor entre 2 y 3 m
- 3 valores superiores a 3 m. (El valor máximo es de 31.17 m, que no puede considerarse dentro de este cómputo al ser claramente un error accidental)
- Valor medio de las diferencias 0.51 m
- Un error cuadrático medio de las diferencias de 3.49 m

para la coordenada Z (Ortométrica) se ha obtenido el resultado siguiente:

- 151 valores por debajo de 0.5 m de diferencia
- 12 valores entre 0.5 y 0.75 m de diferencia
- 8 valores entre 0.75 y 1 m
- 1 valor superior a 1 m. (El valor es de 2.97 m)
- Valor medio de las diferencias 0.20 m
- Un error cuadrático medio de las diferencias de 0.52 m.

Zona de Extremadura

Se han tomado un total de 571 medidas de GPS. Como control de calidad se han efectuado 31 repeticiones, lo que supone un 5.4 % del total de las medidas realizadas.

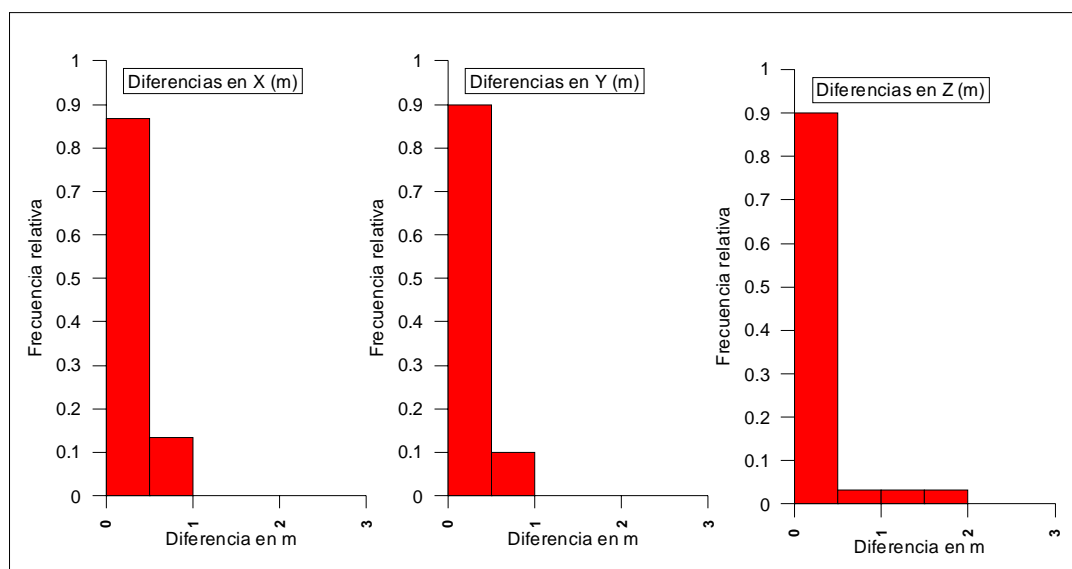


Figura 2.8. Gráficos de frecuencia relativa de las diferencias en metros obtenidas para las coordenadas X, Y (UTM ED50) y Z (Ortométrica), en la zona de Extremadura.

Como se observa en la figura 2.8, donde se muestran los gráficos de frecuencia relativa de las diferencias obtenidas en las repeticiones, para la coordenada X (UTM ED50) se ha obtenido el resultado siguiente:

- 30 valores por debajo de 1 m de diferencia
- 1 valor superior a 1 m. (El valor máximo es de 74.49 m que no puede considerarse dentro de este cómputo al ser claramente un error accidental)
- Valor medio de las diferencias 0.24 m (Sin tener en cuenta el valor máximo).
- Un error cuadrático medio de las diferencias de 0.22 m (Sin tener en cuenta el valor máximo)

para la coordenada Y (UTM ED50) se ha obtenido el resultado siguiente:

- 30 valores por debajo de 1 m de diferencia
- 1 valor superior a 1 m. (El valor máximo es de 42.15 m que no puede considerarse dentro de este cómputo al ser claramente un error accidental)

- Valor medio de las diferencias 0.16 m (Sin tener en cuenta el valor máximo).
- Un error cuadrático medio de las diferencias de 0.17 m (Sin tener en cuenta el valor máximo)

para la coordenada Z (Ortométrica) se ha obtenido el resultado siguiente:

- 27 valores por debajo de 0.5 m de diferencia
- 1 valor entre 0.5 y 0.75 m de diferencia
- 2 valores entre 1 y 2 m
- 1 valor superior a 2 m. (El valor es de 4.66 m)
- Valor medio de las diferencias 0.18 m (Sin tener en cuenta el valor máximo).
- Un error cuadrático medio de las diferencias de 0.3 m (Sin tener en cuenta el valor máximo)

Zona del perfil Alcudia

Se han tomado un total de 855 medidas de GPS. Como control de calidad se han efectuado 75 repeticiones, lo que supone un 8.8 % del total de las medidas realizadas.

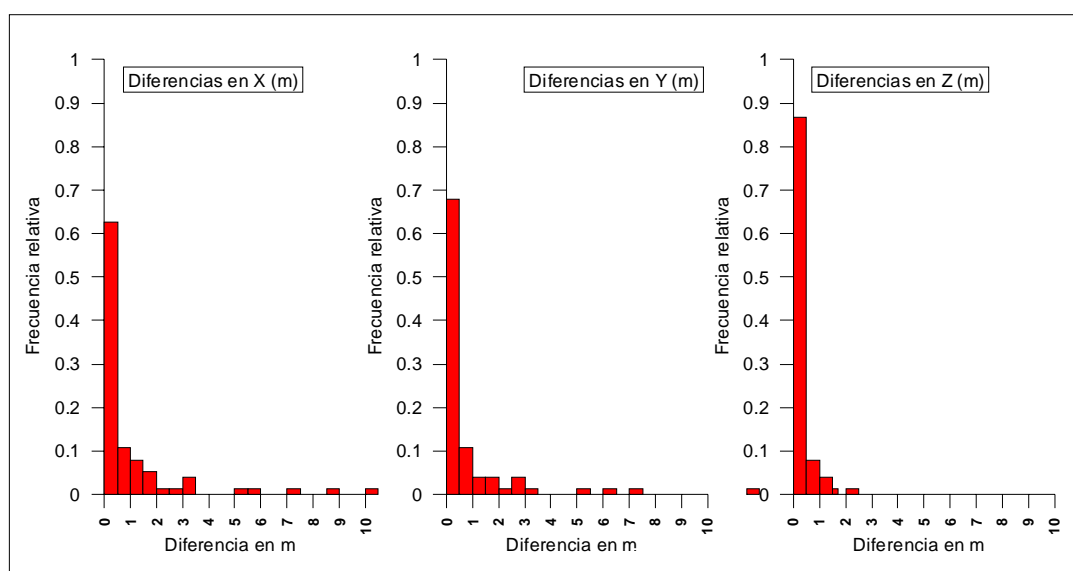


Figura 2.9. Gráficos de frecuencia relativa de las diferencias en metros obtenidas para las coordenadas X, Y (UTM ED50) y Z (Ortométrica), en la zona de Alcudia.

Como se observa en la figura 2.9, donde se muestran los gráficos de frecuencia relativa de las diferencias obtenidas en las repeticiones, para la coordenada X (UTM ED50) se ha obtenido el resultado siguiente:

- 55 valores por debajo de 1 m de diferencia
- 10 valores entre 1 y 2 m de diferencia
- 2 valores entre 2 y 3 m de diferencia
- 3 valores entre 3 y 4 m de diferencia
- 5 con valores superiores a 4 m. (El valor máximo es de 10.20 m)
- Valor medio de las diferencias 1.09 m
- Un error cuadrático medio de las diferencias de 1.56 m

para la coordenada Y (UTM ED50) se ha obtenido el resultado siguiente:

- 50 valores por debajo de 1 m de diferencia
- 6 valores entre 1 y 2 m de diferencia
- 4 valores entre 2 y 3 m de diferencia
- 1 valor entre 3 y 4 m de diferencia
- 5 con valores superiores a 4 m. (El valor máximo es de 14.78 m, no representado en la figura)
- Valor medio de las diferencias 1.10 m
- Un error cuadrático medio de las diferencias de 1.89 m

para la coordenada Z (Ortométrica) se ha obtenido el resultado siguiente:

- 65 valores por debajo de 0.5 m de diferencia
- 3 valores entre 0.5 y 0.75 m de diferencia
- 4 valores entre 0.75 y 1 m
- 3 con valores superiores a 1 m. (El valor es de 2.41 m)
- Valor medio de las diferencias 0.23 m
- Un error cuadrático medio de las diferencias de 0.31 m

Como se desprende de estos resultados, esta metodología posee una gran precisión en la medida, con errores cuadráticos muy bajos en X e Y, y bastante aceptables en Z (teniendo en cuenta que la Norma aconseja valores por debajo de 1,2 m). No obstante esto sólo indica una buena calidad de repetibilidad en la lectura con estos aparatos. En los resultados se han indicado valores altos de repeticiones, estos datos advierten de que además de los errores metrológicos intrínsecos a los aparatos, existen errores accidentales que están fuera de control.

Después de la experiencia adquirida en este trabajo, y, sobre todo para evitar confusiones a la hora del procesado, se debe señalar la necesidad de que las repeticiones se hagan lo más exactamente posible en el mismo sitio. Por ello, se recomienda que los puntos de medida se sitúen en sitios claramente accesibles y que si es posible queden debidamente referenciados y señalizados.

2.7. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS







Leica Geosystems AG, 1999. "GPS Basics 1.0.0es". Manual con referencia interna de la casa Leica 713285-1.0.0es.

Hinze, W. J., C. Aiken, J. Brozena, B. Coakley, D. Dater, G. Flanagan, R. Forsberg, T. Hildenbrand, G. R. Keller, J. Kellogg, R. Kucks, X. Li, A. Mainville, R. Morin, M. Pilkington, D. Plouff, D. Ravat, D. Roman, J. Urrutia-Fucugauchi, M. Veronneau, M. Webring, and D.l Winester, 2005. New standards for reducing gravity data: The North American gravity database. *Geophysics*, vol. 70, nº 4, pp. J25-J32.

Fairhead, JD; Green, CM; Blitzkow, D (2003) The use of GPS in gravity surveys, *Leading Edge*, 22(10), pp954-959. doi:10.1190/1.1623636

ANEXO 1 Bases topográficas Zona de León

Vértice de Cuerno de la Gándara

15936 - Cuerno de la Gándara					
COORDENADAS ED 50					
Fecha de la compensación:		15/12/1993			
Longitud	-6° 23' 13,1309"	Latitud:	42° 36' 57,9022"		
X utm:	714320.22	Y utm:	4721577.64		
Altura ortomé.:	787.6 m	Referida a	la Base del Pilar		
Desv. Esta. X:		Desv. Esta. Y:			
Desv. Esta. Z:		Huso:	29		
Convergencia:	1° 46' 11,6456"	Factor de escala:	1.0001651127		
COORDENADAS WGS84					
Fecha de la compensación:		30/10/2000			
Longitud	-6° 23' 18,3066"	Latitud:	42° 36' 53,8173"		
X utm:	714196.362	Y utm:	4721363.39		
Altura ortomé.:	0.0 m	Referida a			
Altura Elipsoidal:	845.475 m	Referida a	Centrado Forzado		
Desv. Esta. X:	0.00100000004749745	Desv. Esta. Y:	0.00100000004749745		
Desv. Esta. Z:	0.00800000037997961	Huso:	29		
Convergencia:	1° 46' 8,0001"	Factor de escala:	1.0001645028		
 Ubicación	 Coordenadas	 Acceso	 Descripción	 Foto	 Reseña Oficial

ANEXO 2 Bases topográficas Zona de Extremadura

FICHA TÉCNICA - Coordenadas

[Volver](#)

89600 - Cerro del Castaño

COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Sistema de Ref.:	ED50	ETRS89
Longitud	-6° 50' 44,74360"	
Latitud:	38° 0' 58,67780"	
Alt. Elipsoidal:		
Compensación:	01/04/1988	

COORDENADAS UTM. HUSO 29

Sistema de Ref.:	ED50	ETRS89
X UTM:	689113,780 m.	
Y UTM:	4209883,450 m.	
Factor de escala:	1,000040464	
Convergencia:	1° 19' 37,76588"	

Altitud sobre el nivel medio del mar (referida a): (BP) 669,40 m.

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.

 [Coordenadas](#)  [Descripción](#)  [Foto](#)

Reseña Vértice Geodésico

17-nov-00

Número.....:	089753
Nombre.....:	Tentudía
Municipio...:	Calera de León
Provincia...:	Badajoz

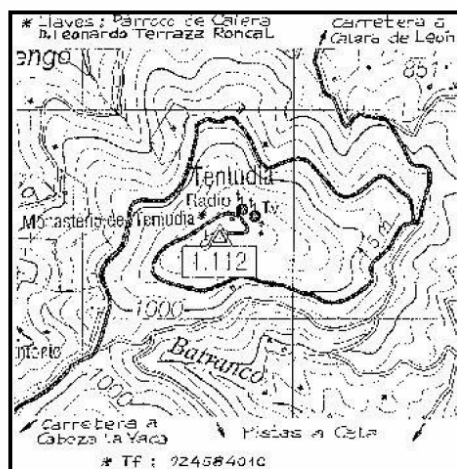
Coordenadas ED 50	
Longitud...:	-6° 20' 13,5332" Compensación...: 01-abr-88
Latitud...:	38° 03' 19,8729"
X UTM.....:	733.650,63 m Factor escala...: 1,000272373
Y UTM.....:	4.215.393,37 m Convergencia...: 1° 38' 32,0080"
Altura.....:	1.112,0 m (BP) Huso.....: 29

Situación:
 El tejado del Monasterio de Nuestra Señora de Tentudía, dependiente de la Parroquia de Calera de León.

Acceso:
 Por carretera desde Calera de León y también desde Cabeza de Vaca. Las llaves las tiene el párroco de Calera de León, D. Leonardo Terraza Roncal, domiciliado en C/ Alcalde Luis Morales nº 9 (Tf 924584010). También dan razón en el Ayuntamiento de Calera de León.
 Según temporada, el monasterio tiene un horario de visitas, pero en todo caso; conviene avisar previamente a la realización de los trabajos.

Observaciones:
 REGENTE99. Para que no destaque demasiado del conjunto, la base, en su parte alta, tiene un pequeño tejadillo hecho con teja curva.

Fecha de Construcción...:	13-jun-73
Centrado forzado...:	Sí Nº de cuerpos...: 1
Altura pilar...:	0,93 m Diámetro pilar...: 0,55 m
Altura último cuerpo.....:	0,55 m
Ancho último cuerpo.....:	1,11 m
Altura total de los cuerpos...:	0,55 m



Horizonte GPS:
 Despejado

Reseña Vértice Geodésico

24-oct-00

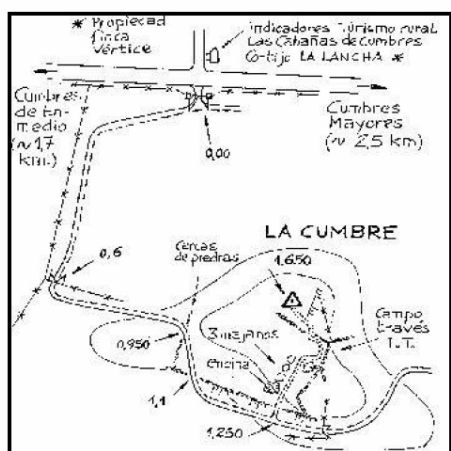
Número.....	089653
Nombre.....	La Cumbre
Municipio..:	Cumbres Mayores
Provincia..:	Huelva

Fecha de Construcción..:	
Centrado forzado..:	Sí N° de cuerpos..: 1
Altura pilar..:	1,15 m Diámetro pilar..: 0,30 m
Altura último cuerpo.....:	1,05 m
Ancho último cuerpo.....:	1,00 m
Altura total de los cuerpos..:	1,05 m

Coordenadas ED 50	
Longitud..:	-6° 40' 11,8036" Compensación...: 01-abr-88
Latitud.....:	38° 03' 57,0693"
X UTM.....:	704.412,28 m Factor escala...: 1,000114610
Y UTM.....:	4.215.755,00 m Convergencia..: 1° 26' 13,6732"
Altura.....:	717,8 m (BP) Huso.....: 29

Situación:
En lo más alto del cerro del mismo nombre.

Acceso:
Desde Cumbres de Enmedio por la carretera hacia Cumbres Mayores, recorridos unos 1.7 kilómetros, sale a la izquierda una pista indicada "CORTIJO LA LANCHA" y "TURISMO RURAL". Enfrente, a la derecha está la entrada de la finca (perteneciente al cortijo de La Lancha) y el camino de acceso al vértice. Este camino se deja por la izquierda a los 1250 metros y campo a través, con un vehículo todo terreno, se llega hasta la señal después de recorrer otros 400 metros.



Observaciones:
REGENTE99.

Horizonte GPS:
Despejado

FICHA TÉCNICA - Coordenadas

[Volver](#)

89653 - La Cumbre

COORDENADAS GEOGRÁFICAS




Sistema de Ref.:	ED50	ETRS89
Longitud	-6° 40' 11,80360"	-6° 40' 16,66657"
Latitud:	38° 3' 57,06930"	38° 3' 52,57505"
Alt. Elipsoidal:		(CF) 774,479 m.
Compensación:	01/04/1988	01/01/2005

COORDENADAS UTM. HUSO 29



Sistema de Ref.:	ED50	ETRS89
X UTM:	704412,280 m.	704288,092 m,
Y UTM:	4215755,000 m.	4215543,411 m,
Factor de escala:	1,0001146101	1,000113118
Convergencia:	1° 26' 13,67317"	1° 26' 10,52732"

Altitud sobre el nivel medio del mar (referida a): (BP) 717,80 m.

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.

 [Coordenadas](#)
 [Descripción](#)
 [Foto](#)

ANEXO 3 Bases topográficas Zona del perfil Alcudia

71067 - Lobo			
COORDENADAS ED 50			
Fecha de la compensación:		01/01/1987	
Longitud	-4° 17' 48,5245"	Latitud:	39° 27' 45,5053"
X utm:	388434.8	Y utm:	4368995.07
Altura ortomé.:	757.299987792969 m	Referida a	la Base del Pilar
Desv. Esta. X:		Desv. Esta. Y:	
Desv. Esta. Z:		Huso:	30
Convergencia:	0° 49' 27,5029"	Factor de escala:	0.9997532348
 Ubicación		 Coordenadas	



Centro de Observaciones Geodésicas

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

Reseña Vértice Geodésico

10-oct-2009

Número.....: 68486
Nombre.....: Aguila
Municipio...: Ventas con Peña Aguilera, Las
Provincia...: Toledo
Fecha de Construcción.....: 01 de mayo de 1983
Pilar sin centrado forzado...: 1,20 m de alto, 0,30 m de diámetro.
Último cuerpo.....: 0,20 m de alto, 1,00 m de ancho.
Total cuerpos.....: 1 de 0,20 m de alto.

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 4° 13' 02,98950"	- 4° 13' 07,72967" ±0.031 m
Latitud.....:	39° 36' 49,99700"	39° 36' 45,65118" ±0.028 m
Altitud.....:		962,436 m ±0.092 (BP)
Compensación.:	01 de enero de 1983	01 de marzo de 2008

Coordenadas UTM. Huso 30 :

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	395485,640 m	395375,510 m
Y.....:	4385686,770 m	4385479,600 m
Factor escala.....:	0,999734473	0,999734767
Convergencia.....:	- 0° 46' 34,89382"	- 0° 46' 37,85000"

Altitud sobre el nivel medio del mar: 909,100 m. (BP)

Situación:

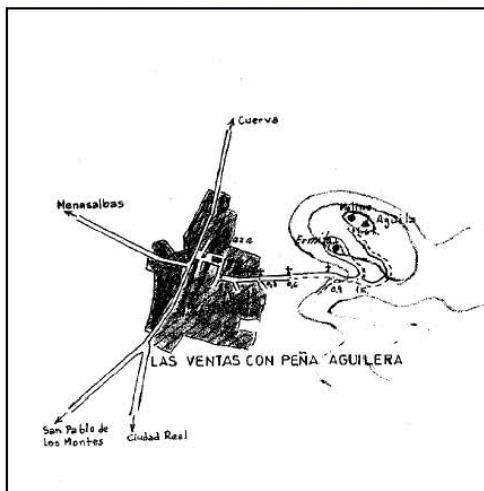
Situado sobre una roca del cerro del Aguila, al N.E. del molino en reconstrucción que hay en la cima.

Acceso:

Saliendo del Ayuntamiento de Ventas con Peña Aguilera hacia el E. y girando la primera calle a la derecha, se llega a la primera cruz del vía crucis que sube a la ermita, en el centro de la calle. Por esta calle, a 300 m. se sigue a la izquierda (siempre viendo cruces), 600 m. después se deja un camino a la derecha y a los 100 m. se deja el camino de la ermita para seguir el camino de la derecha durante 600 m. y llegar a la meseta del Aguila, teniendo de frente el molino y a su derecha el vértice, accesible a cualquier turismo.

Horizonte GPS:

Despejado



Observaciones:

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.



Centro de Observaciones Geodésicas

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

Reseña Vértice Geodésico

10-oct-2009

Número.....: 68511
Nombre.....: Cebras
Municipio...: Retuerta del Bullaque
Provincia...: Ciudad Real
Fecha de Construcción.....: 11 de junio de 1984
Pilar sin centrado forzado...: 1,20 m de alto, 0,30 m de diámetro.
Último cuerpo.....: 2,00 m de alto, 1,00 m de ancho.
Total cuerpos.....: 1 de 2,00 m de alto.

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 4° 08' 05,23730"	- 4° 08' 09,96733" ±0.037 m
Latitud.....:	39° 31' 25,11270"	39° 31' 20,75919" ±0.04 m
Altitud.....:		845,195 m ±0.112 (BP)
Compensación.:	01 de enero de 1987	01 de marzo de 2008

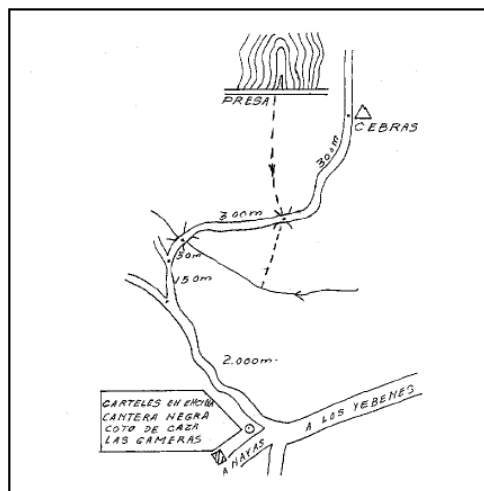
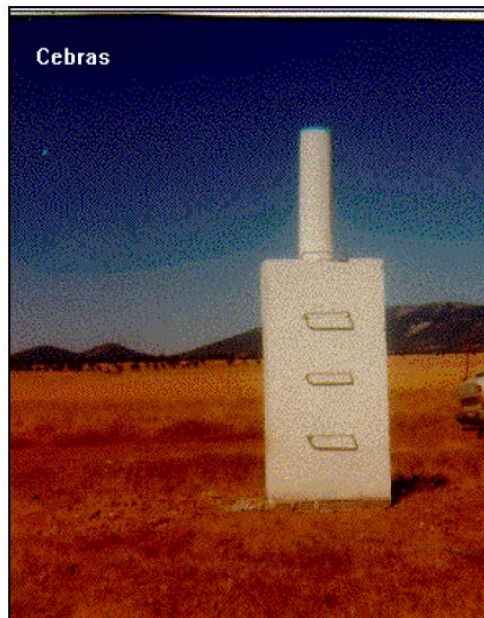
Coordenadas UTM. Huso 30 :

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	402459,470 m	402349,245 m
Y.....:	4375577,530 m	4375370,306 m
Factor escala.....:	0,999717128	0,999717402
Convergencia...:	- 0° 43' 20,03573"	- 0° 43' 22,98000"
Altitud sobre el nivel medio del mar:		791,700 m. (BP)

Situación:
 Situado próximo al camino de acceso a la finca "La Solana de las Cebras" y a "Las Gámeras", en un punto a modo de terraza sobre el río Milagros.

Acceso:
 Desde Marjaliza, hacia Nava de Estena y a unos 18,3 Km. del primero, se llega a un cruce próximo a una curva señalizada con un cartel-flecha. En dicho cruce y sobre una encina que se encuentra a la derecha, junto a una choza, hay unos carteles que dicen: "Cantera Negra" y otro "Las Gámeras" aparte de otro de acotado. Se toma este camino durante 2 Km. y se llega a una bifurcación, se toma a la derecha, a 150 m. hay otra bifurcación y se toma otra vez a la derecha, cruzando el río Milagros 50 m. después, a los 300 m. se cruza una alcantarilla y subiendo otros 300 m. más, a la derecha, se encuentra el vértice, a unos 10 m. del camino.

Horizonte GPS:



Observaciones:

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.



Reseña Vértice Geodésico 10-oct-2009

Número.....: **68466**
 Nombre.....: **Cruz**
 Municipio...: Menasalbas
 Provincia...: Toledo
 Fecha de Construcción.....: 01 de mayo de 1983
 Pilar sin centrado forzado...: 1,20 m de alto, 0,30 m de diámetro.
 Último cuerpo.....: 0,50 m de alto, 1,00 m de ancho.
 Total cuerpos.....: 1 de 0,50 m de alto.

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 4° 17' 39,22970"	- 4° 17' 43,97750" ±0.031 m
Latitud.....:	39° 36' 44,87220"	39° 36' 40,52483" ±0.022 m
Altitud.....:		841,517 m ±0.059 (BP)
Compensación.:	01 de enero de 1983	01 de marzo de 2008

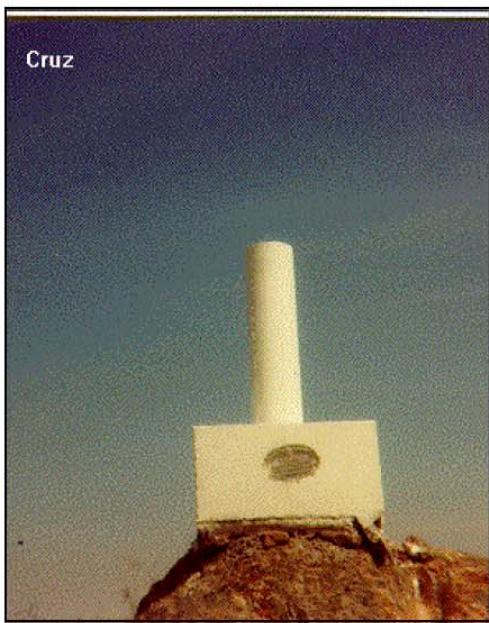
Coordenadas UTM. Huso 30 :

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	388896,090 m	388785,954 m
Y.....:	4385620,840 m	4385413,726 m
Factor escala....:	0,999751965	0,999752278
Convergencia....:	- 0° 49' 30,98921"	- 0° 49' 33,94000"
Altitud sobre el nivel medio del mar:		788,100 m. (BP)

Situación:
 Situado sobre una roca, en la parte más alta de la divisoria del cerro de la Cruz.

Acceso:
 Desde Menasalbas, por la carretera que va a San Pablo de los Montes se recorren 2,5 Km., aquí se sigue a la izquierda un camino que se recorre en 850 m. y desde aquí, a la izquierda, campo a través hasta el pie de la roca, donde está la señal.

Horizonte GPS:
 Despejado



NO EXISTE CROQUIS

Observaciones:

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.



Centro de Observaciones Geodésicas

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

Reseña Vértice Geodésico

10-oct-2009

Número.....: 71057
Nombre.....: Castaña
Municipio...: Retuerta del Bullaque
Provincia...: Ciudad Real
Fecha de Construcción.....: 27 de mayo de 1984
Pilar con centrado forzado...: 1,22 m de alto, 0,30 m de diámetro.
Último cuerpo.....: 1,50 m de alto, 1,00 m de ancho.
Total cuerpos.....: 1 de 1,50 m de alto.

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 4° 20' 49,69330"	- 4° 20' 54,44270"
Latitud.....:	39° 27' 37,09540"	39° 27' 32,73318"
Altitud.....:		806,144 m (CF)
Compensación..:	01 de enero de 1987	01 de enero de 2005

Coordenadas UTM. Huso 30 :

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	384101,330 m	383991,040 m
Y.....:	4368799,290 m	4368592,259 m
Factor escala....:	0,999765370	0,999765698
Convergencia....:	- 0° 51' 22,53360"	- 0° 51' 25,47000"

Altitud sobre el nivel medio del mar: 751,000 m. (BP)

Situación:

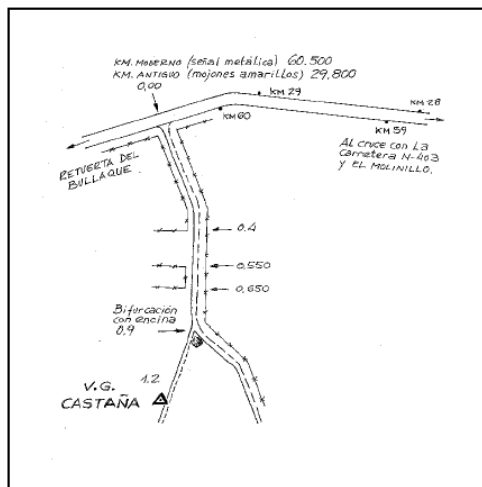
En la margen oeste del camino de la Castaña, rodeado de terreno de Cereal.

Acceso:

Desde Retuerta del Bullaque hacia el este por la carretera que va al Molinillo (cruce con la N-403), al llegar al km. 60.5 (29.8 antiguo) se coge a la derecha una pista. A los 0.9 hay una bifurcación con una gran encina, se va por la derecha y a los 1.2 de recorrido total se llega al vértice con cualquier vehículo.

Horizonte GPS:

Despejado



Observaciones:

REGENTE.
Vértice observado con GPS.

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.



Centro de Observaciones Geodésicas

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

Reseña Vértice Geodésico

10-oct-2009

Número.....: **71086**
 Nombre.....: **Cañada**
 Municipio...: Retuerta del Bullaque
 Provincia...: Ciudad Real
 Fecha de Construcción.....: 21 de junio de 1984
 Pilar sin centrado forzado...: 1,20 m de alto, 0,30 m de diámetro.
 Último cuerpo.....: 5,00 m de alto, 1,00 m de ancho.
 Total cuerpos.....: 1 de 5,00 m de alto.

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 4° 13' 55,91480"	- 4° 14' 00,65473" ±0.036 m
Latitud.....:	39° 26' 01,80770"	39° 25' 57,44546" ±0.036 m
Altitud.....:		750,411 m ±0.107 (BP)
Compensación..:	01 de enero de 1987	01 de marzo de 2008

Coordenadas UTM. Huso 30 :

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	393950,030 m	393839,653 m
Y.....:	4365720,090 m	4365512,999 m
Factor escala....:	0,999738460	0,999738758
Convergencia....:	- 0° 46' 57,89653"	- 0° 47' 00,84000"
Altitud sobre el nivel medio del mar:		696,500 m. (BP)

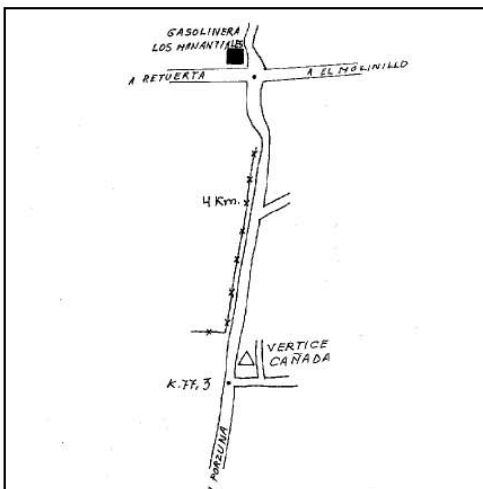
Situación: Situado en una cañada, a unos 10 m. al E. de la carretera.

Acceso: Desde El Molinillo, hacia Retuerta del Bullaque y como a 1 Km., se llega a un cruce de carreteras. Se toma a la izquierda, hacia Abenojar y Porzuna y como a unos 4 Km., en el P.K. 77,250 a la izquierda de la carretera y como a unos 10 m. de ella. se encuentra el vértice. En el P.K. 77,3, a la izquierda, sale un camino del cual a unos 20 m. sale otro, también a la izquierda, por el que se recorren 50 m. llegando junto al vértice.

Horizonte GPS: Despejado



Cañada



Observaciones:

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.



Centro de Observaciones Geodésicas

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

Reseña Vértice Geodésico

10-oct-2009

Número.....: **73575**
 Nombre.....: **La Morra**
 Municipio...: Porzuna
 Provincia...: Ciudad Real
 Fecha de Construcción.....: 06 de julio de 1990
 Pilar sin centrado forzado...: 1,20 m de alto, 0,30 m de diámetro.
 Último cuerpo.....: 1,00 m de alto, 1,00 m de ancho.
 Total cuerpos.....: 1 de 1,00 m de alto.

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 4° 16' 58,23660"	- 4° 17' 02,96873" ±0.038 m
Latitud.....:	39° 15' 57,23880"	39° 15' 52,85992" ±0.033 m
Altitud.....:		751,670 m ±0.088 (BP)
Compensación..:	01 de diciembre de 1992	01 de marzo de 2008

Coordenadas UTM. Huso 30 :

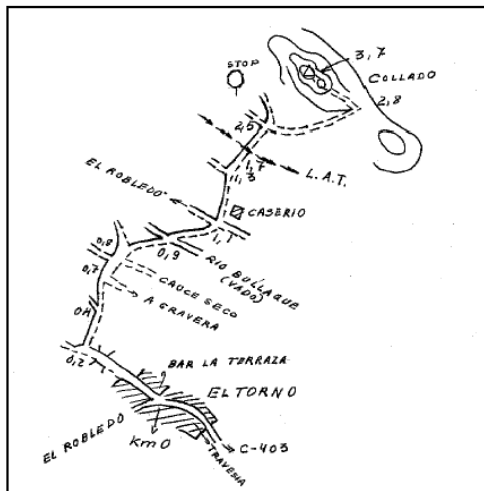
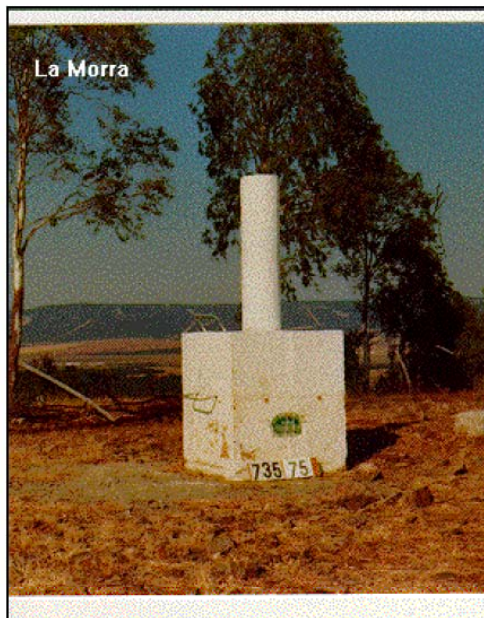
Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	389326,450 m	389216,122 m
Y.....:	4347142,280 m	4346935,259 m
Factor escala....:	0,999750802	0,999751114
Convergencia...:	- 0° 48' 43,27160"	- 0° 48' 46,19000"
Altitud sobre el nivel medio del mar:		697,900 m. (BP)

Situación:
 Situado en el paraje las Morras, en lo alto de la Morra Gorda, a 2,5 Km. al N.O. del pueblo conocido como El Torno. El terreno es de piedra suelta, actualmente de erial. Vuelta de horizonte despejada (en dirección N. hay unos eucaliptus).

Acceso:
 En El Torno y en la travesía de la carretera que une la C-403 con El Robledo, dentro de la población, está el bar La Terraza. Tomando su esquina como Km. 0, se avanza por la calle que deja el bar a la derecha y que continúa como camino; en el Km. 0,25 se toma un camino a la derecha, en el Km. 0,8 hay un cauce seco que se cruza y se toma el camino de la derecha, en el Km. 0,95 hay un vado del río Bullaque, cruzando el río se entra en una pista en buen estado, en el Km. 1,1 hay un cruce, se continúa recto, en el Km. 1,65 se pasa bajo los cables de una línea eléctrica, en el Km. 2,45 sale a la izquierda una pista y a la derecha un camino, se toma el camino de la derecha hasta el Km. 2,75 en el que está el collado y se deja el coche. Se accede al vértice por la ladera de la izquierda, en vehículo T.T., por tierra de labor y erial y pendiente suave (950 m. y 81 m. de desnivel).

Horizonte GPS:
 Despejado

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.



Observaciones:



Centro de Observaciones Geodésicas

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

Reseña Vértice Geodésico

10-oct-2009

Número.....: **75849**
 Nombre.....: **Rayo**
 Municipio...: Piedrabuena
 Provincia...: Ciudad Real
 Fecha de Construcción.....: 20 de julio de 1990
 Pilar sin centrado forzado...: 1,20 m de alto, 0,30 m de diámetro.
 Último cuerpo.....: 2,00 m de alto, 1,00 m de ancho.
 Total cuerpos.....: 1 de 2,00 m de alto.

— Coordenadas Geográficas: —

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 4° 22' 18,76730"	- 4° 22' 23,50145" ±0.028 m
Latitud.....:	39° 09' 31,80370"	39° 09' 27,41518" ±0.028 m
Altitud.....:		1000,460 m ±0.063 (BP)
Compensación.:	01 de diciembre de 1992	01 de marzo de 2008

— Coordenadas UTM. Huso 30 : —

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	381464,920 m	381354,584 m
Y.....:	4335372,330 m	4335165,445 m
Factor escala.....:	0,999772992	0,999773327
Convergencia...:	- 0° 51' 59,05780"	- 0° 52' 01,97000"
Altitud sobre el nivel medio del mar:		946,800 m. (BP)

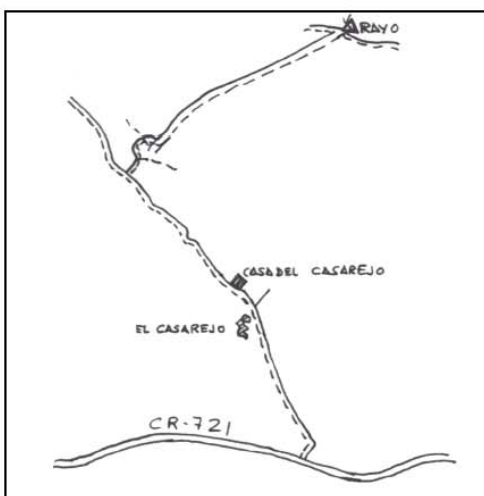
Situación:
 Situado a unos 100 m. del extremo N.E. de la cuerda de los Cubos, en el morro de los Rayos, junto a un cortafuegos y en la parte más alta de la terraza casi plana que forma este morro. El terreno es de monte bajo con jara y madroño, tierra y piedra suelta. Está situado en la finca "El Casarejo".

Acceso:
 Se accede por la carretera CR-721 con dirección a PiedraBuena, en el pK. 17,3 a la izquierda, se toma el camino de entrada a la finca "El Casarejo". A 2 km. Están las casas de la finca, donde hay que personarse y pedir permiso. En el km. 3,7, se coge un camino a la izquierda y se continúa recto hasta el km. 7,4, donde se gira a la derecha. Se sigue éste camino hasta el km. 8,1, donde girando a la izquierda cogemos un cortafuegos que nos lleva al vértice ubicado en el km. 10,5. Caminos y cortafuegos sólo aptos para vehículos TT.

Horizonte GPS:
 Despejado



Rayo (dic-2002)



Observaciones:

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.



Centro de Observaciones Geodésicas

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

Reseña Vértice Geodésico

10-oct-2009

Número.....: **75835**
 Nombre.....: **Navalagrulla**
 Municipio...: Piedrabuena
 Provincia...: Ciudad Real
 Fecha de Construcción.....: 21 de noviembre de 1990
 Pilar sin centrado forzado...: 1,20 m de alto, 0,30 m de diámetro.
 Último cuerpo.....: 6,00 m de alto, 1,00 m de ancho.
 Total cuerpos.....: 2 de 8,00 m de alto.

— Coordenadas Geográficas: —

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 4° 23' 54,10920"	- 4° 23' 58,84375" ±0.029 m
Latitud.....:	39° 05' 37,58350"	39° 05' 33,18911" ±0.029 m
Altitud.....:		946,539 m ±0.079 (BP)
Compensación.:	01 de diciembre de 1992	01 de marzo de 2008

— Coordenadas UTM. Huso 30 : —

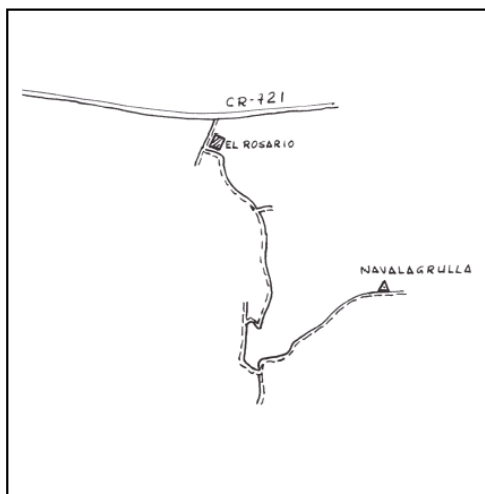
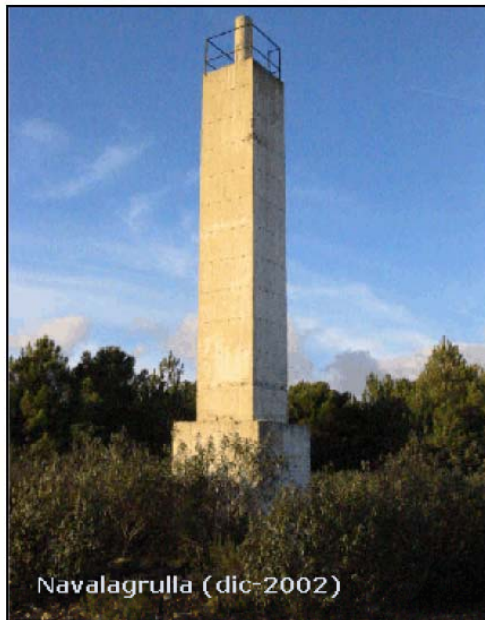
Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	379065,300 m	378954,920 m
Y.....:	4328186,560 m	4327979,730 m
Factor escala.....:	0,999780070	0,999780412
Convergencia...:	- 0° 52' 54,85065"	- 0° 52' 57,75000"

Altitud sobre el nivel medio del mar: 892,900 m. (BP)

— Situación: —
 Situado en la cima del cerro de Navalagrulla, a 2 Km. al S.O. de las casas del Rosario y 3 Km. al S.E. de las casas del Valle de la Viuda. El terreno es de piedra suelta y tierra con monte bajo de jara y pinar en sus alrededores. Vuelta de horizonte obstaculizado por pinar.

— Acceso: —
 Se accede por la carretera CR-721 en dirección a Piedrabuena, a la altura del pK. 23,7 se toma un camino a la derecha que nos conduce a 200 mts. a las casas de la finca "El Rosario", donde hay que pedir permiso (km. 0). En el pK. 0,2 se coge el camino de la izquierda y se sigue hasta el pK. 1,2 donde se coge otro camino hacia la derecha, continuamos por él hasta el pK. 2,4 donde torcemos a la izquierda. En el pK. 3,0 se toma el camino de la izquierda hasta el pK. 4,2, donde se encuentra ubicado el vértice. Camino sólo apto para vehículos TT.

— Horizonte GPS: —
 Despejado



— Observaciones: —

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.



Centro de Observaciones Geodésicas

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

Reseña Vértice Geodésico

10-oct-2009

Número.....: **80796**
 Nombre.....: **Virgen del Castillo**
 Municipio...: Chillón
 Provincia...: Ciudad Real
 Fecha de Construcción.....: 03 de octubre de 1990
 Pilar sin centrado forzado...: 1,20 m de alto, 0,30 m de diámetro.
 Último cuerpo.....: 0,20 m de alto, 1,00 m de ancho.
 Total cuerpos.....: 1 de 0,20 m de alto.

— Coordenadas Geográficas: —

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 4° 51' 43,01330"	- 4° 51' 47,76404" ±0.035 m
Latitud.....:	38° 46' 27,18530"	38° 46' 22,75835" ±0.033 m
Altitud.....:		791,205 m ±0.106 (BP)
Compensación.:	01 de diciembre de 1992	01 de marzo de 2008

— Coordenadas UTM. Huso 30 : —

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	338246,030 m	338135,864 m
Y.....:	4293440,190 m	4293233,887 m
Factor escala....:	0,999922174	0,999922636
Convergencia...:	- 1° 09' 58,69204"	- 1° 10' 01,56000"

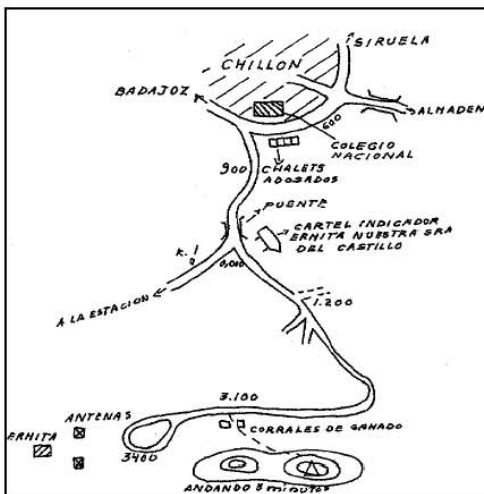
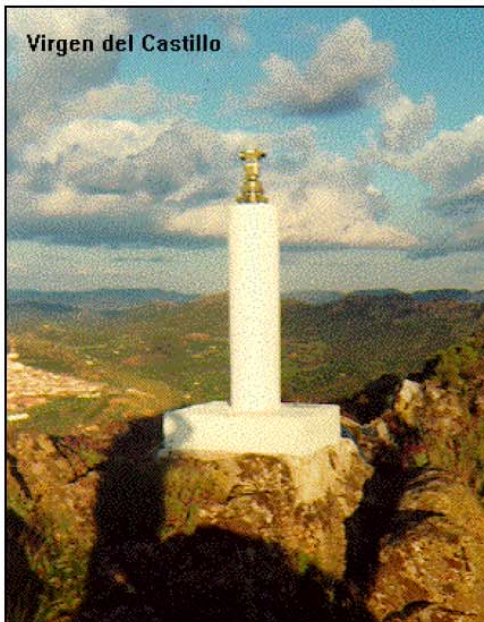
Altitud sobre el nivel medio del mar: 737,600 m. (BP)

— Situación: —
 Situado en lo alto de la sierra que se extiende al S. de Chillón y a unos 3 Km. de este pueblo, en terreno formado por grandes canchales de piedras.

— Acceso: —
 Desde Almadén a Chillón, a la entrada de este pueblo, se toma la circunvalación, a la izquierda, indicada a Badajoz, a los 600 m. de este cruce y frente al Colegio Nacional, sale una carretera a la izquierda que va a la estación; se toma esta carretera y a los 900 m., a la salida de un puente y en una curva, sale un camino asfaltado a la izquierda, con un cartel indicador: "Ermita de Nuestra Señora del Castillo", se sigue este camino, que conduce hacia la ermita. A los 3.100 m., junto a unos corrales de ganado, se deja el vehículo y se sube andando, por una senda, hasta la cima, que se encuentra al S.O., tardando 5 minutos, aproximadamente, en llegar al vértice (hay que cruzar una alambrada).

— Horizonte GPS: —
 Despejado

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.



Observaciones:

Base Topográfica Auxiliar de Saceruela

Latitud WGS84 38° 57' 16,28526" N

Longitud WGS84 4° 36' 34,24600" W

Altura Elipsoidal 616,331

X UTM (ED 50) 360647,197

Y UTM (ED 50) 4313168,38

Altura Ortométrica 562,022



Base Topográfica Auxiliar de Gargantiel

Latitud WGS84	38° 49' 39,87301" N
Longitud WGS84	4° 42' 46,84471" W
Altura Elipsoidal	553,195
X UTM (ED 50)	351414,369
Y UTM (ED 50)	4299261,66
Altura Ortométrica	499,136



Base situada en la isleta izquierda en el cruce de la carretera Almaden-Sacervuela con Gargantiel.



Base Topográfica Auxiliar de Guadalmez

Latitud WGS84 38° 42' 57,72990" N

Longitud WGS84 4° 58' 18,11150" W

Altura Elipsoidal 409,119

X UTM (ED 50) 328690,42

Y UTM (ED 50) 4287317,01

Altura Ortométrica 355,056



ANEXO 4 Bases topográficas Ensayo en Madrid



Centro de Observaciones Geodésicas

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

Reseña Vértice Geodésico

10-oct-2009

Número.....: **50930**
 Nombre.....: **La Ollera**
 Municipio...: Colmenar Viejo
 Provincia...: Madrid
 Fecha de Construcción.....: 27 de julio de 1975
 Pilar con centrado forzado...: 1,19 m de alto, 0,29 m de diámetro.
 Último cuerpo.....: 1,03 m de alto, 1,00 m de ancho.
 Total cuerpos.....: 1 de 1,00 m de alto.

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 3° 43' 38,92000"	- 3° 43' 43,64353"
Latitud.....:	40° 40' 05,66240"	40° 40' 01,43942"
Altitud.....:		941,805 m (CF)
Compensación..:	01 de mayo de 1985	01 de enero de 2005

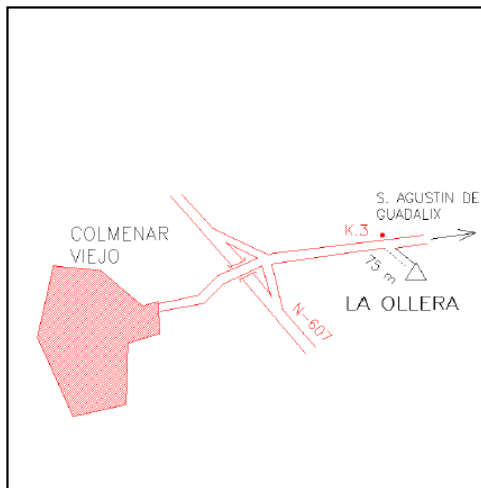
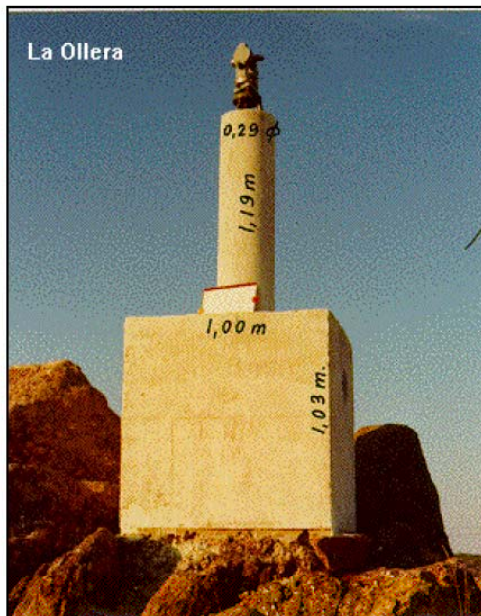
Coordenadas UTM. Huso 30 :

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	438509,220 m	438400,025 m
Y.....:	4502262,000 m	4502054,665 m
Factor escala....:	0,999646536	0,999646705
Convergencia...:	- 0° 28' 26,74607"	- 0° 28' 29,78000"
Altitud sobre el nivel medio del mar:		889,200 m. (BP)

Situación:
 Situado en una loma de terreno de pasto, que en su cumbre tiene unas grandes rocas aisladas, sobre las que va la señal.

Acceso:
 Desde Colmenar Viejo, por la carretera a San Agustín de Guadalix, se pasa por encima la carretera 607 y sobre el Km. 3 hay un camino que la cruza. se toma a la derecha y se pasa una portada verde. A 70 m., a la derecha, está la señal.

Horizonte GPS:
 Despejado



Observaciones:
 REGENTE.
 Reparado. No cambian sus coordenadas.
 Vértice observado con GPS.

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.



Centro de Observaciones Geodésicas

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

Reseña Vértice Geodésico

10-oct-2009

Número.....: 50951
Nombre.....: Navalmelendro
Municipio...: Colmenar Viejo
Provincia...: Madrid
Fecha de Construcción.....: 13 de julio de 1975
Pilar sin centrado forzado..: 1,20 m de alto, 0,30 m de diámetro.
Último cuerpo.....: 0,20 m de alto, 1,00 m de ancho.
Total cuerpos.....: 1 de 0,20 m de alto.

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 3° 40' 14,23350"	- 3° 40' 18,95203" ±0.027 m
Latitud.....:	40° 41' 12,02730"	40° 41' 07,80656" ±0.027 m
Altitud.....:		914,225 m ±0.083 (BP)
Compensación..:	01 de mayo de 1985	01 de marzo de 2008

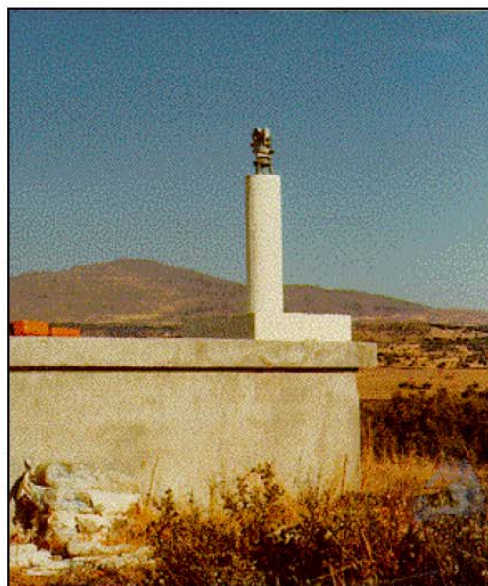
Coordenadas UTM. Huso 30 :

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	443330,790 m	443221,612 m
Y.....:	4504270,180 m	4504062,781 m
Factor escala....:	0,999639524	0,999639680
Convergencia....:	- 0° 26' 13,93389"	- 0° 26' 16,97000"
Altitud sobre el nivel medio del mar:		862,400 m. (BP)

Situación:
 Situado sobre el depósito de agua de la Urbanización "Navalmelendro". El depósito es rectangular, de 1,36 m. de altura y la señal está en una de sus esquinas.

Acceso:
 Desde Colmenar Viejo, por la carretera a San Agustín de Guadalix, al llegar al Km. 9, a la derecha, está la portada de la finca de la Urbanización, se pasa y a unos 150 m. a la derecha y hacia el Sur se encuentra el depósito.

Horizonte GPS:
 Despejado



Navalmelendro

NO EXISTE CROQUIS

Observaciones:

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.



Centro de Observaciones Geodésicas

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

Reseña Vértice Geodésico

10-oct-2009

Número.....: **50926**
 Nombre.....: **Hormigales**
 Municipio...: Soto del Real
 Provincia...: Madrid
 Fecha de Construcción.....: 17 de julio de 1975
 Pilar sin centrado forzado...: 1,20 m de alto, 0,30 m de diámetro.
 Último cuerpo.....: 0,50 m de alto, 1,00 m de ancho.
 Total cuerpos.....: 2 de 1,10 m de alto.

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 3° 45' 01,83590"	- 3° 45' 06,56302" ±0.001 m
Latitud.....:	40° 46' 19,40150"	40° 46' 15,18834" ±0.002 m
Altitud.....:		1093,900 m ±0.002 (BP)
Compensación.:	01 de mayo de 1985	01 de marzo de 2008

Coordenadas UTM. Huso 30 :

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	436660,870 m	436551,815 m
Y.....:	4513802,890 m	4513595,555 m
Factor escala.....:	0,999649375	0,999649549
Convergencia....:	- 0° 29' 24,49608"	- 0° 29' 27,54000"
Altitud sobre el nivel medio del mar:		1041,500 m. (BP)

Situación:

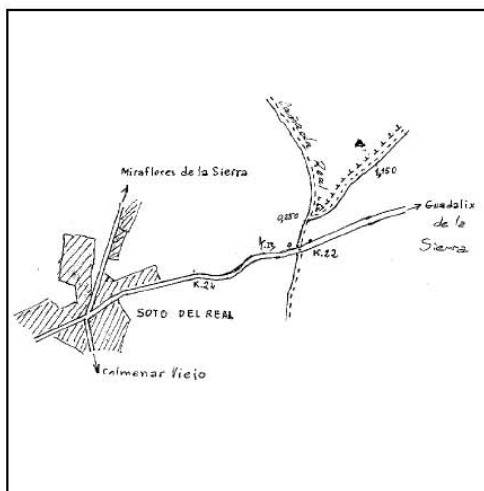
Situado en la cima del cerro Hormigales, en terreno de pasto de una finca cerrada, con muro de mampostería de piedra. La señal está sobre unas rocas.

Acceso:

Desde Soto del Real, por la carretera a Guadalix de la Sierra, al llegar al Km. 22,200, que está en un collado, cruza una cañada real; se entra por ésta, a la izquierda. A los 250 m. se tuerce a la derecha, estando la finca de la izquierda cerrada por un muro. A los 900 m. se deja el vehículo y, a pie, hacia la izquierda, se recorren unos 200 m. hasta la señal.

Horizonte GPS:

Despejado



Observaciones:

Vértice observado con GPS.

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.

ANEXO 5 Transformadas locales empleadas

"Resumen de la Estimación de Parámetros de Transformación"

Unid. Lineales de Medición: ""Metros
 ""04/20/06""

Fecha:

Nombre del Sistema Coordinado: ""Datum_Toledo"
 Tipo de Sistema Coordinado: ""Sist. Geodésico"
 Elipsoide de Referencia: ""International"
 a = "6378388,000"m"
 1/E = "297,000000000"
 Parámetros de Transformación:
 ""Traslación X = " -102,315"m""
 Traslación Y = " -28,461"m""
 Traslación Z = " -184,234"m""
 Rotación X = " 0,171783""
 Rotación Y = " 1,089753""
 Rotación Z = " 3,310748""
 Fact. escala(ppm) = " 5,494248"

Nota: Los Parámetros Definen la Transformación de Sistema LOCAL a WGS84"

Estaciones y Residuos:

ID Est.	Posición Geodésica	Posición Geodésica Local	Resid.	% Residuo Total
" 1" "Aguila" 21%	Lat. " 39° 36' 01,09070" N" Lng. " 4° 20' 47,78550" W" Elv. " 850,530"	Lat. " 39° 36' 05,43990" Lng. " 4° 20' 43,03310" Elv. " 795,900"	" 0,009" " 0,007" "-0,049"	"
" 2" "Cabras" 27%	Lat. " 39° 27' 32,73360" N" Lng. " 4° 20' 54,44230" W" Elv. " 806,157"	Lat. " 39° 27' 37,09540" Lng. " 4° 20' 49,69330" Elv. " 751,000"	" 0,001" "-0,014" " 0,063"	"
" 3" "Cabras" 23%	Lat. " 39° 31' 46,96480" N" Lng. " 3° 55' 20,07010" W" Elv. " 804,635"	Lat. " 39° 31' 51,31490" Lng. " 3° 55' 15,35840" Elv. " 749,900"	" -0,015" "-0,033" " 0,054"	"
" 4" "Cruz" 28%	Lat. " 39° 24' 36,20640" N" Lng. " 4° 00' 15,43350" W" Elv. " 1184,709"	Lat. " 39° 24' 40,56860" Lng. " 4° 00' 10,71370" Elv. " 1129,700"	" 0,006" " 0,041" "-0,065"	"

"Resumen de la Estimación de Parámetros de Transformación"

Unid. Lineales de Medición: "Metros" "Fecha:
 ""06/28/07""

Nombre del Sistema Coordinado: ""extremadura"
 Tipo de Sistema Coordinado: ""Sist. Geodésico"
 Elipsoide de Referencia: ""International"
 a = "6378388,000"m"
 1/f = "297,000000000"
 Parámetros de Transformación:
 ""Traslación X = " -126,108"m"
 Traslación Y = " 27,752"m"
 Traslación Z = " -52,459"m"
 Rotación X = " -0,441812""
 Rotación Y = " -2,811157""
 Rotación Z = " 5,306126""
 Fact. escala(ppm) = " -4,069723"

Nota: Los Parámetros Definen la Transformación de Sistema LOCAL a WGS84"

Estaciones y Residuos:

ID	Est.	Posición Geodésica	Posición Geodésica Local	Resid.	% Residuo	Total
" 1"	"CUMB"	Lat. " 38° 03' 52,57506" N"	Lat. " 38° 03' 57,06330" "	" -0,058" "		
31%		Lng. " 6° 40' 16,66657" W"	Lng. " 6° 40' 11,80360" "	" -0,020" "		
		Elev. " 774,479" "	Elev. " 717,800" "	" 0,051" "		
" 2"	"TENT"	Lat. " 38° 03' 15,38016" N"	Lat. " 38° 03' 19,87290" "	" 0,042" "		
22%		Lng. " 6° 20' 18,37870" W"	Lng. " 6° 20' 13,53320" "	" -0,015" "		
		Elev. " 1168,670" "	Elev. " 1112,000" "	" -0,026" "		
" 3"	"MIGU"	Lat. " 38° 18' 03,35213" N"	Lat. " 38° 18' 07,83020" "	" -0,017" "		
18%		Lng. " 6° 23' 51,42062" W"	Lng. " 6° 23' 46,57190" "	" 0,012" "		
		Elev. " 616,703" "	Elev. " 560,200" "	" 0,033" "		
" 4"	"PAJA"	Lat. " 38° 12' 56,80831" N"	Lat. " 38° 13' 01,29180" "	" 0,038" "		
27%		Lng. " 6° 41' 27,40364" W"	Lng. " 6° 41' 22,53870" "	" 0,017" "		
		Elev. " 730,741" "	Elev. " 674,300" "	" -0,050" "		

Transformation Parameter Estimation Summary

Linear Units of Measure: Meters Date: 02/21/07

Coordinate System Name: Leonhuso29
 Coordinate System Type: Geodetic System
 Reference Ellipsoid: International
 a = 6378388,000m
 1/f = 297,000000000

Transformation Parameters:

X Shift	=	-29,855m
Y Shift	=	156,267m
Z Shift	=	154,851m
X Rotation	=	-8,047665°
Y Rotation	=	-5,007939°
Z Rotation	=	5,053552°
Scale Diff. (ppm)	=	-34,670631

Note: Parameters define transformation from LOCAL SYSTEM to WGS84

Parameter Estimation Sites and Residuals:

Site ID	Geodetic Position		Local Geodetic Position		Resid.	% of Total Residual
1 B001	Lat.	42° 36' 53,81731" N	Lat.	42° 36' 57,90220"	0,275	16%
	Lng.	6° 23' 18,30660" W	Lng.	6° 23' 13,13090"	-0,235	
	Elv.	845,475	Elv.	787,600	-0,090	
2 0298	Lat.	42° 44' 34,93200" N	Lat.	42° 44' 38,99640"	-0,462	35%
	Lng.	6° 21' 22,54270" W	Lng.	6° 21' 17,36310"	-0,595	
	Elv.	1824,088	Elv.	1765,900	0,070	
3 0300	Lat.	42° 36' 35,94400" N	Lat.	42° 36' 40,04470"	0,219	48%
	Lng.	6° 38' 18,51490" W	Lng.	6° 38' 13,30810"	0,821	
	Elv.	664,922	Elv.	607,400	0,047	

"Resumen de la Estimación de Parámetros de Transformación"

Unid. Lineales de Medición: "Metros"
 "01/11/08"

Fecha:

Nombre del Sistema Coordinado: "alcudial"
 Tipo de Sistema Coordinado: "Sist. Geodésico"
 Elipsoide de Referencia: "International"
 a = "6378388,000m"
 1/f = "297,000000000"
 Parámetros de Transformación:
 "Traslación X = " -154,059m"
 Traslación Y = " 1,480m"
 Traslación Z = " -132,720m"
 Rotación X = " -0,542931"
 Rotación Y = " -1,254589"
 Rotación Z = " 3,956364"
 Fact. escala(ppm) = " 6,899003"

Nota: Los Parámetros Definen la Transformación de Sistema LOCAL a WGS84

Estaciones y Residuos:

ID Est.	Posición Geodésica		Posición Geodésica Local		Resid.	% Residuo Total
" 1" 37%	" B001"	Lat. " 39° 36' 01,10904" N" Lng. " 4° 20' 47,78584" W" Elv. " 850,531"	Lat. " 39° 36' 05,43990" N" Lng. " 4° 20' 43,03310" W" Elv. " 795,900"	" 0,429" " 0,051" "-0,087"	"	"
" 2" 9%	" I020"	Lat. " 39° 31' 46,96464" N" Lng. " 3° 55' 20,07058" W" Elv. " 804,648"	Lat. " 39° 31' 51,31490" N" Lng. " 3° 55' 15,35840" W" Elv. " 749,900"	" 0,108" " 0,066" "-0,031"	"	"
" 3" 16%	" I019"	Lat. " 39° 27' 32,73318" N" Lng. " 4° 20' 54,44270" W" Elv. " 806,144"	Lat. " 39° 27' 37,09540" N" Lng. " 4° 20' 49,69330" W" Elv. " 751,000"	" 0,120" " 0,032" " 0,193"	"	"
" 4" 11%	" I015"	Lat. " 39° 24' 36,20627" N" Lng. " 4° 00' 15,43394" W" Elv. " 1184,705"	Lat. " 39° 24' 40,56860" N" Lng. " 4° 00' 10,71370" W" Elv. " 1129,700"	" 0,105" " 0,129" " 0,015"	"	"
" 5" 24%	" I016"	Lat. " 39° 16' 37,05780" N" Lng. " 4° 26' 17,46168" W" Elv. " 701,679"	Lat. " 39° 16' 41,43770" N" Lng. " 4° 26' 12,72030" W" Elv. " 649,500"	" 0,097" "-0,279" " 0,085"	"	"

"Resumen de la Estimación de Parámetros de Transformación"

Unid. Lineales de Medición: ""Metros
 ""01/11/08""

Fecha:

""

Nombre del Sistema Coordinado: ""alcudia2"
 Tipo de Sistema Coordinado: ""Sist. Geodésico"
 Elipsoide de Referencia: ""International"
 a = "6378388,000m"
 1/f = "297,000000000"

Parámetros de Transformación:
 ""Traslación X = " -260,219m"
 Traslación Y = " -34,580m"
 Traslación Z = " 61,076m"
 Rotación X = " -1,198360""
 Rotación Y = " -8,202940""
 Rotación Z = " 2,015118""
 Fact. escala(ppm) = " 0,267732"

Nota: Los Parámetros Definen la Transformación de Sistema LOCAL a WGS84"

Estaciones y Residuos: ""

ID Est.	Posición Geodésica	Posición Geodésica Local	Resid.	% Residuo Total
" 1" 18%	" B001" Lat. " 39° 04' 26,22724" N" Lng. " 4° 41' 51,45395" W" Elv. " 863,274"	Lat. " 39° 04' 30,62650" Lng. " 4° 41' 46,69230" Elv. " 808,300"	" -0,112" " 0,122" " -0,018"	"
" 2" 11%	" I020" Lat. " 39° 06' 58,26305" N" Lng. " 4° 19' 48,75242" W" Elv. " 930,151"	Lat. " 39° 07' 02,65430" Lng. " 4° 19' 44,02280" Elv. " 875,400"	" 0,063" " -0,079" " -0,056"	"
" 3" 34%	" I019" Lat. " 38° 50' 57,90626" N" Lng. " 4° 38' 45,24391" W" Elv. " 910,114"	Lat. " 38° 51' 02,32620" Lng. " 4° 38' 40,49980" Elv. " 855,400"	" 0,083" " 0,045" " 0,228"	"
" 4" 11%	" I018" Lat. " 38° 41' 44,45961" N" Lng. " 5° 04' 18,91240" W" Elv. " 592,228"	Lat. " 38° 41' 48,90020" Lng. " 5° 04' 14,15060" Elv. " 537,700"	" 0,016" " -0,078" " 0,033"	"
" 5" 24%	" I015" Lat. " 38° 41' 34,48659" N" Lng. " 4° 49' 29,12919" W" Elv. " 617,537"	Lat. " 38° 41' 38,91820" Lng. " 4° 49' 24,38240" Elv. " 563,100"	" -0,049" " -0,018" " -0,161"	"

"Resumen de la Estimación de Parámetros de Transformación"

Unid. Lineales de Medición: ""Metros
 ""01/11/08""

Fecha:

Nombre del Sistema Coordinado: ""alcudia3"
 Tipo de Sistema Coordinado: ""Sist. Geodésico"
 Elipsoide de Referencia: ""International"
 a = "6378388,000*m"
 1/f = "297,000000000"
 Parámetros de Transformación:
 ""Traslación X - " -190,825*m""
 Traslación Y = " -157,283*m""
 Traslación Z = " -84,226*m""
 Rotación X = " 1,929801""
 Rotación Y = " -3,164288""
 Rotación Z = " -0,651384""
 Fact. escala(ppm) = " 4,598948"

Nota: Los Parámetros Definen la Transformación de Sistema LOCAL a WGS84"

Estaciones y Residuos:

ID Est.	Posición Geodésica	Posición Geodésica Local	Resid.	% Residuo Total
" 1" "B001" 13%	Lat. " 38° 32' 58,13427" N Lng. " 5° 22' 41,86627" W Elv. " 554,574"	Lat. " 38° 33' 02,58520" N Lng. " 5° 22' 37,06650" W Elv. " 499,500"	" -0,205" " 0,051" " 0,033"	"
" 2" "I020" 8%	Lat. " 38° 33' 41,39485" N Lng. " 5° 05' 27,86527" W Elv. " 596,075"	Lat. " 38° 33' 45,84060" N Lng. " 5° 05' 23,09660" W Elv. " 541,800"	" -0,132" " -0,117" " -0,073"	"
" 3" "I019" 49%	Lat. " 38° 22' 31,91814" N Lng. " 5° 19' 27,76910" W Elv. " 772,275"	Lat. " 38° 22' 36,41460" N Lng. " 5° 19' 22,98060" W Elv. " 717,100"	" 0,785" " 0,049" " 0,122"	"
" 4" "I018" 21%	Lat. " 38° 15' 28,12583" N Lng. " 5° 25' 15,54656" W Elv. " 687,375"	Lat. " 38° 15' 32,59820" N Lng. " 5° 25' 10,75850" W Elv. " 632,100"	" -0,331" " -0,060" " -0,104"	"
" 5" "I015" 7%	Lat. " 38° 11' 51,47145" N Lng. " 5° 00' 18,24646" W Elv. " 828,862"	Lat. " 38° 11' 55,94650" N Lng. " 5° 00' 13,49060" W Elv. " 774,400"	" -0,117" " 0,078" " 0,028"	"

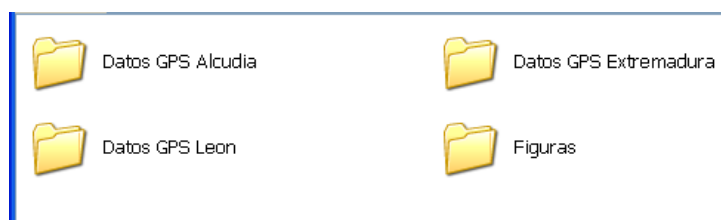
ANEXO 6. Estructura de ficheros del capítulo

En este anexo se describe la estructura de los ficheros generados en este capítulo. Todos ellos se encuentran dentro de la carpeta denominada capítulo 2. Dentro de ella se encuentran las siguientes carpetas:



Dentro de la carpeta Texto se encuentran los ficheros correspondientes al texto de este capítulo, en formato Word y en formato .pdf, y que tienen como nombre “capitulo2.doc” y “capitulo2.pdf” respectivamente.

Dentro de la carpeta Anexo informático nos encontramos las siguientes subcarpetas:



La carpeta Figuras, contiene a su vez subcarpetas con nombre el de la figura correspondiente donde se encuentran los ficheros Grapher generados para esa figura y los ficheros Excel con los datos necesarios para su creación. Además se encuentran los ficheros Excel de algunas de las tablas del texto.

Existen tres carpetas de Datos, los correspondientes a la zona de Alcudia, a la zona de Extremadura y a la zona de León, en cada una de ellas se pueden encontrar las siguientes carpetas y ficheros:

\GPS datos de campo

Contiene las carpetas de la base y de los GPS empleados en la medida, clasificados por días.

\GPS datos procesados

Contiene los ficheros procedentes del cálculo de las coordenadas mediante el programa de postprocesado (estadillos GPS zona), los ficheros de coordenadas finales para ser usados en los cálculos gravimétricos posteriores (coordenadas GPS zona) y los ficheros con las repeticiones realizadas (repeticiones GPS zona). En algunos casos, se incluyen

archivos adicionales referidos a incidencias en la toma de datos. Los archivos tienen los siguientes formatos:

Coordenadas GPS zona.xls

Alias	Unidad	Descripción
Estación	-----	Número de la estación
Fecha	-----	Fecha de la adquisición
Coordenadas WGS84	-----	Medidas WGS84 medidas con GPS
Longitud	Grados	Longitud WGS84 medida con GPS
Latitud	Grados	Latitud WGS84 medida con GPS
Z Elip.	Metros	Altura elipsoidal medida con GPS
Coordenadas UTM	-----	Medidas UTM, ED50 calculadas con GPS
X	Metros	Abscisa UTM, ED50, calculada con GPS
Y	Metros	Ordenada UTM, ED50, calculada con GPS
Z Ortom.	Metros	Altura ortométrica calculada con GPS (EGM96)

Estadillos GPS zona.xls

Alias	Unidad	Descripción	
Estación	-----	Número de la estación	<i>En la primera columna de cada programa</i>
Fecha	-----	Fecha de la adquisición	
Aparato	-----	Nombre del equipo empleado en la medida	
Referencia	-----	Nombre de referencia dado al punto de medida	
Longitud	Grados	Longitud WGS84 medida con GPS	
Latitud	Grados	Latitud WGS84 medida con GPS	
Z Elip.	Metros	Altura elipsoidal medida con GPS	
X	Metros	Abscisa UTM, ED50, calculada con GPS	
Y	Metros	Ordenada UTM, ED50, calculada con GPS	
Z Ortom.	Metros	Altura ortométrica calculada con GPS (EGM96)	

Repeticiones GPS zona.xls

Alias	Unidad	Descripción
EstaciónR	-----	Número de la estación repetida
FechaR	-----	Fecha de la adquisición repetida
Coordenadas WGS84 R	-----	Medidas WGS84 medidas con GPS de la estación repetida
LongitudR	Grados	Longitud WGS84 medida con GPS
LatitudR	Grados	Latitud WGS84 medida con GPS
Z Elip. R	Metros	Altura elipsoidal calculada con GPS
Coordenadas UTM R	-----	Medidas UTM, ED50 calculadas con GPS de la estación repetida
X R	Metros	Abscisa UTM, ED50, calculada con GPS
Y R	Metros	Ordenada UTM, ED50, calculada con GPS
Z Ortom. R	Metros	Altura ortométrica calculada con GPS (EGM96)

Estación	-----	Número de la estación original
Fecha	-----	Fecha de la adquisición original
Coordenadas WGS84	-----	Medidas WGS84 medidas con GPS
Longitud	Grados	Longitud WGS 84 medida con GPS
Latitud	Grados	Latitud WGS84 medida con GPS
Z Elip.	Metros	Altura elipsoidal calculada con GPS
Coordenadas UTM	-----	Medidas UTM, ED50 calculadas con GPS original
X	Metros	Abscisa UTM, ED50, calculada con GPS
Y	Metros	Ordenada UTM, ED50, calculada con GPS
Z Ortom.	Metros	Altura ortométrica calculada con GPS (EGM96)
Z Elip. – Z Elip. R	Metros	Diferencia entre las alturas elipsoidales original y repetida
Z Ortom. – Z Ortom. R	Metros	Diferencia entre las alturas ortométricas original y repetida