



Normas y métodos de aplicación en las redes geodésicas regionales y locales

Antonio de Arcos Rey⁽¹⁾, Oscar Cuadrado Méndez⁽²⁾,

⁽¹⁾ USC. Escuela Politécnica Superior de Lugo, adearcos@usc.es

⁽²⁾ Centro de Cartografía. Gobierno del Principado de Asturias, oscarcm@princast.es

RESUMEN

Las prácticas topográficas y geodésicas empleadas en la observación de redes regionales que a continuación se exponen, deben considerarse tan solo como una guía general que muestra la metodología a emplear para alcanzar los niveles necesarios de exactitud que la normativa nos exige. Siendo la exactitud posicional un elemento básico a conseguir para el correcto cumplimiento de los contratos, la incertidumbre de los instrumentales (ISO 17123), los métodos empleadas y el ajuste a seguir, se convierten en temas de especial interés en el diseño de una red geodésica, homogénea, eficiente y económica, del proyecto en cuestión.

ABSTRACT

The Recommended Survey Practices that we are going to expose, should be viewed as a guide only, which show some techniques that can be employed to attain the necessary levels of precision needed and to achieve the accuracy standards. Being the positional accuracy especially relevant in regard for the proper enforcement of contracts, the uncertainty of the instrumental (ISO 17123), methods to use and adjusting to continue, become subjects of special in order to design a homogeneous, efficient and economic geodetic network for the project under consideration.

1. INTRODUCCION.

Este artículo trata de las pautas fundamentales que se han de seguir tanto en la ejecución de proyectos de índole regional y local, mediante el empleo de los Sistemas de Posicionamiento por Satélite (GNSS), como en planificación y observación de redes de nivelación. El conjunto de instrucciones que a continuación exponemos, tienen su origen en el manual: “Recomendaciones Técnicas para la Planificación y Ejecución de Redes Geodésicas de Ámbito Regional o Local en el Principado de Asturias”, que recoge los procedimientos a seguir por aquellos trabajos que se ejecuten bajo la dirección técnica del Centro de Cartografía Ambiental y Territorial del Principado de Asturias (CCATPA).

La ejecución de las distintas redes geodésicas, no sólo requiere del empleo de un personal altamente especializado en el manejo del instrumental y de los métodos topográficos, sino que además, y atendiendo a las especificaciones propias de cada uno de los trabajos, resulta de suma importancia contar con avanzadas aplicaciones informáticas para el cálculo y ajuste de dichas redes. Estas aplicaciones serán desarrolladas preferentemente por los técnicos asignados a los trabajos, aunque también se podrá utilizar software comercial existente en el mercado, siempre y cuando satisfaga las necesidades de calidad. Por otra parte, la verificación y comprobación del instrumental se nos presenta como un asunto de especial importancia. Los ensayos efectuados en laboratorio no están prácticamente afectados por influencias atmosféricas, pero los costes en unos casos, y la no posibilidad de extrapolar los resultados a condiciones de campo en otros, hacen necesario utilizar otros sistemas de control que resuelvan ese doble problema. Emplearemos para ello las normas ISO 17123 que han sido desarrolladas específicamente para aplicaciones in situ, sin la necesidad de ningún equipamiento especial, y en las que las influencias meteorológicas existentes en el momento de la toma se incorporan a la incertidumbre del instrumental.

Es, por lo tanto, necesario un correcto proceso de planificación, observación y cálculo, para poder obtener coordenadas precisas sobre un marco de referencia que garantice los requisitos de calidad exigidos para este tipo de trabajos. Resulta de especial importancia el enlace de estas nuevas redes con la red REGENTE, que nos permitirá vincular nuestras redes con el nuevo sistema de referencia europeo ETRS89. Las recomendaciones aquí descritas

abarcan el conjunto de redes planimétricas de 2º orden o inferiores. De igual manera, se contempla la ejecución de líneas de nivelación de diferentes órdenes enlazadas con la RNAP.

1.1. Marco normativo.

Todas estas actuaciones cumplirán estrictamente con el Real Decreto 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el nuevo sistema geodésico de referencia oficial en España.

1.2. Campo de aplicación.

Entre las utilidades del citado manual se encuentran:

- Densificación de redes geodésicas planimétricas o altimétricas autonómicas.
- Determinación de puntos de apoyo fotogramétricos para proyectos de aerotriangulación.
- Observación de puntos de control cartográfico para proyectos de cartografía.
- Ejecución de redes geodésicas en obras de ingeniería.
- Observaciones geodésicas para cualquier tipo de trabajo con necesidad de soporte geodésico.

Debido a la brevedad que requiere una publicación como ésta, ciertos aspectos como los correspondientes a las empresas licitadoras o los que se refieren a la seguridad y salud de los trabajos, no se tratarán, y otros simplemente se comentarán de manera general; se recomienda por tanto acudir al documento original para solventar dudas específicas que estas normas pudiesen causar.

2. MARCOS DE REFERENCIA Y RELACIÓN ENTRE REDES.

La red geodésica observada habrá de ser vinculada a un sistema de referencia coordinado (CRS) que contiene dos elementos diferentes: el datum y el sistema de coordenadas. El Datum (ED50, ETRS89...) nos definirá cómo se relaciona el CRS con la tierra (posición del origen, escala y orientación del eje de coordenadas), mientras que el sistema de coordenadas nos permitirá expresarlas de forma cartesiana, elipsoidal o mediante una proyección determinada (UTM). La necesidad de disponer de unas medidas trazables nos obliga, además, a definir un sistema único y homogéneo. Para la elaboración de estas instrucciones se ha considerado como único dato de partida válido en redes planimétricas la Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales (REGENTE) y, en redes altimétricas, la Red de Nivelación de alta Precisión RNAP. Todas las redes autonómicas de orden inferior deberán estar enlazadas con estas dos redes nacionales (REGENTE y REDNAP) o con otras redes autonómicas del mismo orden que la red que se pretende implantar.

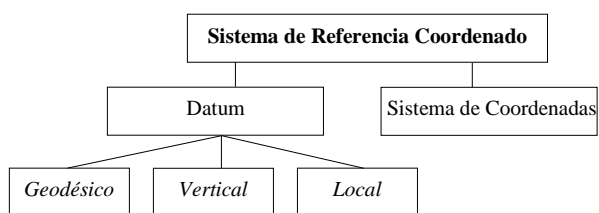


Fig1. - Esquema general de un Sistema de Referencia

Tipo	Sistema de Referencia	Distancia entre vértices	Calidad-Precisión	Utilización en el nuevo Sistema de Referencia Asturiano.
ROI	ED 50	(3-15) km	En general pobre	Comprobación de los parámetros de transformación (ED50 - ETRS89)
Red de Catastro	ED 50	(300 – 4000) m	Muy poco homogénea	Reobservación y cálculo de coordenadas en ETRS89
REGENTE	ETRS89	30 km aprox.	Alta calidad (5 cm)	Base de la red RGPA2
ERGPS	ETRS89	1. 150-250 km	Muy alta calidad	Base de la red RGAPA

			(1cm)	
REDES DE NIVELACIÓN				
RNAP98	Nivel medio mar Alicante	600 m	Muy variable	No se empleará
REDNAP	Nivel medio mar Alicante	800 m – 1000 m	Sin ajuste definitivo	Base de RNPA 2º orden en un ajuste global

Fig. 2. – Situación de la red geodésica en Asturias antes de comenzar los trabajos de implantación de la nueva red.

2.1. Nueva Red Geodésica Asturiana.

En el gráfico siguiente se puede ver de forma esquematizada la estructura de redes geodésicas que se prevé mantener en el Principado de Asturias. En el caso de la red tridimensional, partiremos de la red REGENTE y de la red ERGPS, de las cuales obtendremos las coordenadas para la creación de una red de estaciones permanentes GPS (RGAPA), y la densificación de la red REGENTE (RGPA2). Además, se materializará una red regional de 3º orden (RGPA3), que a su vez formará la red de 1º orden (RGPA3) municipal. Finalmente, completarán el sistema, las redes de 4º orden municipales (RGPA4) y la densificación urbana de éstas (RGPA5).

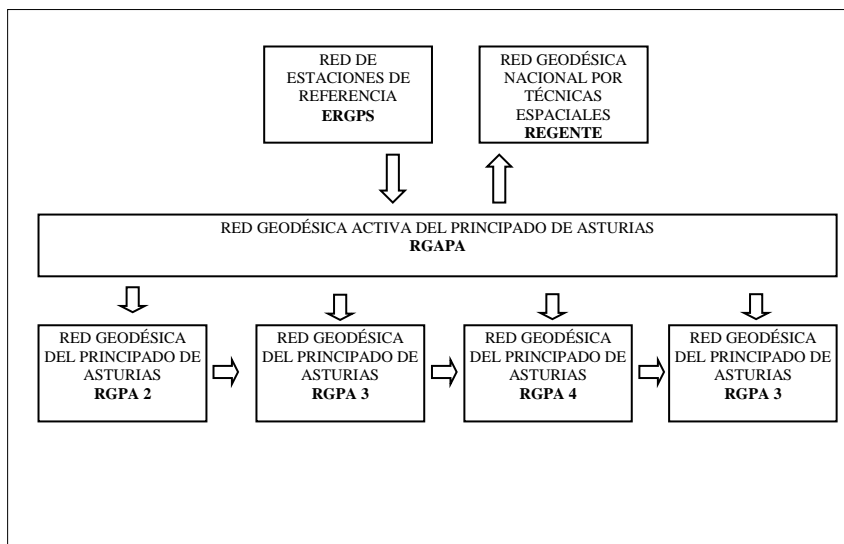


Fig. 3. – Esquema de la nueva Red Geodésica del Principado de Asturias.

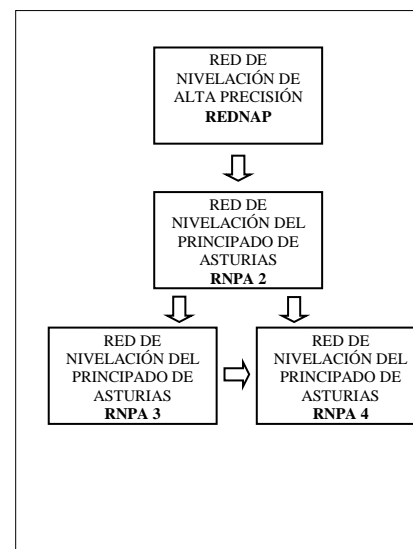


Fig. 4. – Esquema de la Red de Nivelación Geométrica del PA.

DENOMINACIÓN	DISTANCIA ENTRE VÉRTICES	MÉTODOS DE OBSERVACIÓN UTILIZADOS.	REDES EXISTENTES SOBRE ED50 A INTEGRAR	VECTORES MÍNIMOS 3D
REDES PLANIMÉTRICAS				
RGAPA	50 a 100 Km.	Red permanente GNSS	NUEVAS	2 sobre \geq orden
RGPA 2	30 a 50 Km.	GNSS (Estático durante dos sesiones)	NUEVAS	3 sobre REGENTE y uno sobre vértice del mismo orden ¹
RGPA 3	10 a 30 Km.	GNSS (Estático)	ROI	3 sobre \geq orden
RGPA 4	1 a 10 Km.	GNSS (Estático rápido)	CGCCT	2 sobre \geq orden

RGPA 5	Máximo 1 Km.	RTK/TOPOGRAFÍA CLÁSICA	MUNICIPALES	2 sobre \geq orden
REDES DE NIVELACIÓN				
RNPA 2	Entre puntos principales de 1200 a 1400 metros. Entre secundarios de 600 a 700 metros.	Nivelación geométrica de alta precisión. Gravimetría.	RED NAP antigua si existiera.	Enlace tridimensional de señales alternas incluidas inicio y fin de la red. Metodología de observación idéntica a RGPA 2.
RNPA 3	Igual que la RNPA 2	Nivelación geométrica. Gravimetría.	RED NAP antigua si existiera.	Enlace tridimensional de señales alternas incluidas inicio y fin de la red. Metodología de observación idéntica a RGPA 3.
RNPA 4	Variable	Nivelación geométrica.	RED NAP antigua si existiera.	Variable
RNPA 5	Igual que la RNPA 2	Nivelación trigonométrica de alta precisión. Gravimetría.	RED NAP antigua si existiera.	Enlace tridimensional de señales alternas incluidas inicio y fin de la red. Metodología de observación idéntica a RGPA 2.
RNPA 6	Variable	Nivelación trigonométrica.	RED NAP antigua si existiera.	Variable

Fig. 5. – Metodologías a aplicar en la red geodésica del Principado de Asturias.

La futura RGAPA tiene como objetivo principal ofrecer un servicio continuo y homogéneo de correcciones diferenciales de código y fase a los usuarios del sistema de posición GPS, así como el almacenamiento de datos para su post-procesado. Estas correcciones se suministrarán en tiempo real vía IP, facilitándose su acceso mediante un servicio FTP o similar.

El proyecto RGAPA no sólo contempla la implantación de estaciones de referencia permanentes con registro continuo de datos, sino que pretende realizar un envío permanente de soluciones RTK de red a los usuarios mediante el empleo de Internet. Para ello, se empleará la solución VRS dentro de las posibles opciones existentes en la actualidad. El concepto de VRS nos ofrece nuevas posibilidades para la implantación de redes de estaciones de referencia GPS. Cuando utilizamos esta tecnología, los errores sistemáticos son reducidos o minimizados en la estación de referencia. Esto, permitirá al usuario incrementar la distancia entre los receptores móviles y la estación de referencia, además, de incrementar la fiabilidad del sistema y reducir el tiempo de inicialización de los equipos.

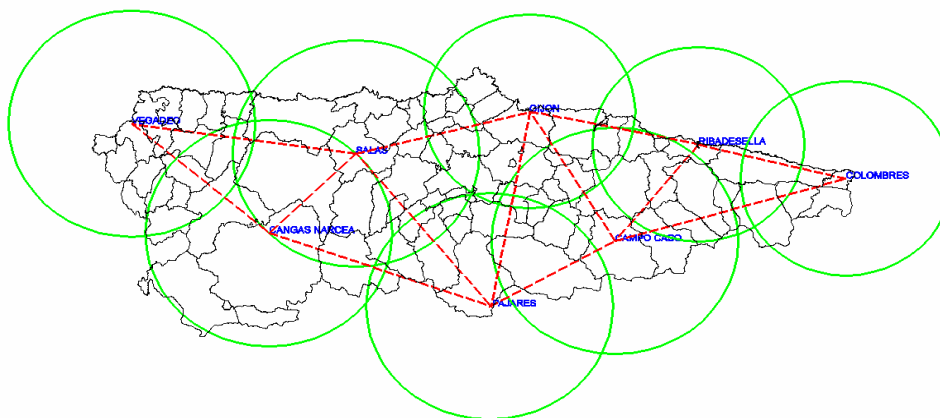


Fig. 6. – Situación de las estaciones de referencia activa (RGAPA)

3. TRABAJOS PREVIOS.

3.1. Consideraciones generales.

A la hora de afrontar un proyecto de ámbito autonómico resulta necesario tener un perfecto conocimiento del territorio en el que se encuadra éste. Existen dos factores muy importantes que van a condicionar nuestros trabajos: la meteorología y la orografía del terreno. El primero de ellos determinará en gran manera el cronograma del proyecto, al

afectar considerablemente a nuestras observaciones. Mientras que en el caso del relieve, éste nos condicionará tanto la ubicación de los vértices como los tiempos de acceso a los mismos.

Entre los trabajos previos a considerar destacaremos:

- a. Estudio de los vértices de las redes de orden superior existentes en el perímetro de la zona.
- b. Análisis de las distancias, entre posibles ubicaciones de los nuevos vértices, en función del: orden de la red a instaurar, metodología elegida....
- c. Localización y representación sobre un fichero SHP de la ubicación de todos y cada uno de los vértices de las redes existentes.
- d. Planificación de los observables de acuerdo con las diferentes metodologías a emplear (GNSS, poligonación, nivelación geométrica...)
- e. Simulación de la red planificada en la que se estimarán los parámetros de precisión y fiabilidad de cada uno de los nodos que la compongan.
- f. Diseño de fichas de reseñas para cada una de las señales a materializar.
- g. Realización de un cronograma de observaciones, tiempos de ejecución....
- h. Justificación de los precios ofertados para los trabajos a realizar (tiempos, instrumental, personal...)
- i. Se debe contemplar el enlace a proyectos similares que se estén llevando a cabo en las zonas limítrofes al ámbito del proyecto actual.
- j. Se deben prever los posibles movimientos del personal encargado de las observaciones de forma que nos permita particularizar el plan de seguridad y salud para cada uno de los trabajos.

Definiremos en esta fase tanto el diseño de las redes como la metodología a emplear, diferenciando los métodos altimétricos de los planimétricos. Se incluirán los vértices de la ROI y los de Catastro en la red, y se contemplará la inclusión de la totalidad de los vértices de las redes municipales existentes en el ayuntamiento, con el objeto de calcular unos parámetros de transformación entre la cartografía municipal y el nuevo marco de referencia. Esto nos servirá además para comprobar la calidad de la cartografía municipal actual y futura.

3.2. Redes planimétricas.

Pese a denominarlas así, por la mayor calidad de las coordenadas (x, y), realmente dispondremos, tras los cálculos oportunos, de coordenadas tridimensionales de los vértices levantados. Los tipos de redes planimétricas se jerarquizan en función de la calidad de sus observaciones como:

Redes de 2º orden

Este tipo de redes densificará con una geometría regular la Red Geodésica Nacional observada por Técnicas Espaciales (REGENTE).

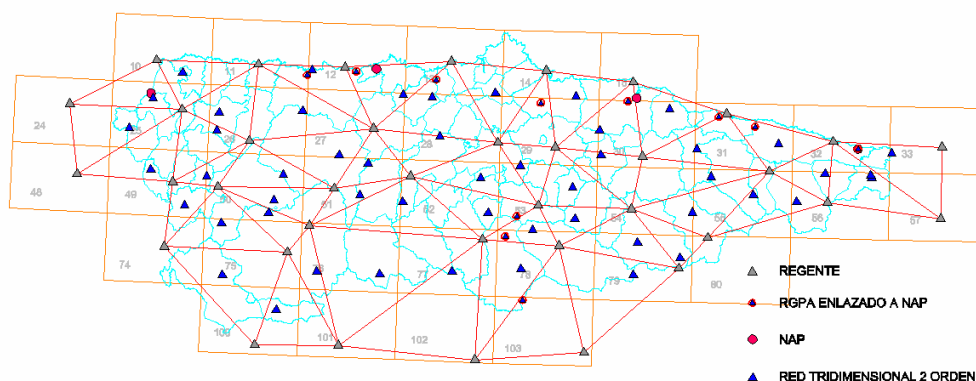


Fig. 7. – Situación de las principales redes de referencia.

Redes de 3º orden.



Estas redes densifican las redes de orden superior estableciendo puntos correctamente distribuidos en cada uno de los términos municipales de la comunidad autónoma. Para su observación se empleará instrumental GNSS mediante método estático con una única sesión de observación.

Redes de 4º orden

Son redes geodésicas municipales cuyo objeto es la densificación de los vértices de las redes tridimensionales de 3º orden, creando redes lo suficientemente densas como para poder ser empleadas con instrumental topográfico clásico. La ejecución de este tipo de redes será llevada a cabo por los Ayuntamientos.

Redes de 5º orden

Al igual que en las redes tridimensionales de 4º orden, su objetivo es densificar las redes de orden superior con el objeto de crear una red lo suficientemente densa como para poder ser empleada con instrumental topográfico clásico.

3.3. Redes altimétricas.

Mediante este tipo de redes (2º, 3º y 4º orden) densificaremos la red de 1º orden. A partir de los datos altimétricos obtenidos mediante nivelación geométrica, junto con los tridimensionales observados con GPS, podremos obtener un modelo de geoides que nos servirá para hacer cálculos de altitudes elipsoidales y ortométricas. En un futuro inmediato se incorporarán mediciones taquimétricas para completar las redes de 5º y de 6º orden. La red de 5º orden será una variante de la de alta precisión de 2º orden. Pretendemos que se obtengan desniveles mediante el empleo de observaciones cenitales y medida de distancias. El método a emplear será el conocido como “Leap-Frog”, en el cual se coloca la estación total (TPS) en el punto medio entre dos prismas montados en jalones de altura constante. En el caso de la red de 6º orden se observará mediante metodología clásica empleándose, bien trípodes para la sujeción de los jalones, o bien jalones con puntales.

3.4. Verificación del instrumental.

Los ensayos realizados para la verificación del instrumental nos proporcionarán respuesta de acuerdo con la normativa ISO 17123/2-8, a la pregunta de si un equipo concreto, con un operador determinado, satisface unas condiciones de precisión impuestas de antemano. Se pueden entender estas normas, como aquellas que nos proporcionarían los primeros valores a introducir en la evaluación global de la incertidumbre de un método topográfico. Procuraremos durante la verificación del instrumental clásico abarcar un abanico de condiciones meteorológicas similares a las que se prevé que nos encontremos en el lugar de trabajo, con el fin de estar razonablemente seguros de que, si operamos en el futuro dentro de ese intervalo de factores de influencia, podremos considerar como la precisión a conseguir la obtenida de acuerdo con esta normativa. Esta normativa consta de los siguientes apartados:

- ISO 17123-2:2001 Niveles.
- ISO 17123-3:2001 Teodolitos.
- ISO 17123-4:2001 Equipos EDM de medida de distancias.
- ISO 17123-5:2005 Estaciones Totales.
- ISO 17123-6:2003 Niveles Láser
- ISO 17123-7:2005 Instrumentos ópticos.
- ISO/DIS 17123-8 Sistemas GNSS de medida en tiempo real (RTK).

Resultará necesario realizar una serie de comprobaciones antes de comenzar este tipo de ensayos:

- El instrumental deberá estar calibrado y en un estado de ajuste permanente, conocido y aceptable, conforme a los métodos especificados en el manual del fabricante. Resultará obligatoria la inspección de todo el instrumental auxiliar: jalones, bastones, niveles, porta-prismas, prismas, instrumental de medidas de antena, baterías, cables, tarjetas de registro...para verificar su perfecto estado y reducir los sistematismos en las medidas.



- Se tomarán medidas de temperatura, presión y humedad, al principio y al final del ensayo, procurando que éstas sean similares a las que suponemos que puedan existir en nuestro futuro trabajo. En caso de intuir una variación evidente de las condiciones ambientales durante el ensayo, o que éste se prolongase excesivamente (generalmente en el caso del ensayo completo), también se efectuarían medidas de los factores atmosféricos presentes durante el período de la medición.
- Intentaremos evitar la realización de los ensayos en zonas hormigonadas o asfaltadas. Tampoco resultarán adecuadas aquellas zonas que presenten grandes desniveles y, en general evitaremos cualquier lugar en el que supongamos que puedan existir fuentes anómalas de variabilidad en las observaciones: líneas de alta tensión, ríos, puentes..., exceptuándose de esta recomendación los ensayos que así lo indiquen expresamente.
- Hemos de procurar que el instrumental se aclimate adecuadamente a la temperatura ambiente antes de empezar a medir.
- Debemos evitar que la lluvia y los rayos solares incidan directamente en el instrumento. Si resultase necesario emplearíamos sombrillas o paraguas a modo de protección.
- En el caso de instrumental GPS también se verificará: la concordancia del centro de fase entre todas las antenas GPS a utilizar en el proyecto y la coincidencia del mismo con las especificaciones del fabricante.

4. TRABAJOS DE CAMPO.

En primer lugar, efectuaremos un reconocimiento sobre el terreno de los puntos de enlace previamente planificados. Posteriormente, materializaremos los vértices de nueva implantación y a continuación efectuaremos un croquis en el que incorporaremos documentación fotográfica del entorno. El control del estado físico de la red existente determinará la necesidad de sustituir aquellos vértices que se encuentren en mal estado. La ubicación de las señales cumplirá con aspectos tales como estabilidad, accesibilidad, intervisibilidad, accesos adecuados, además de disponer de un horizonte despejado (necesario en redes observadas con GPS) y de considerar las futuras actuaciones urbanísticas de la zona. Se evitarán ubicaciones cercanas a campos emisores de radiación electromagnética por afectar a las observaciones GPS.

4.2. Redes planimétricas.

Para las redes observadas con GPS, se analizarán los vectores necesarios en función del número de satélites, ocultaciones existentes y del PDOP para cada uno de los días de observación previstos. Esta planificación se llevará a cabo con el software de proceso de datos GPS. Se confeccionará una ficha con aspectos tales como el tipo de antena, la forma de estacionamiento, cómo y dónde se ha medido la antena, la altura del instrumento y el modelo de la antena.

Redes de 2º orden

Para su observación se empleará instrumental GNSS mediante el método estático en varias sesiones de observación. Cuando un vértice se reocupe en jornadas diferentes, las nuevas observaciones no serán efectuadas por el mismo operador de campo. La permuta de operadores y equipos buscará detectar y eliminar los vicios del procedimiento e instrumental. El contratista deberá considerar la posibilidad de tener que reobservar hasta un 10 % de los vectores o poligonales, en función de lo indicado por el director técnico del proyecto.

Redes de 3º orden.

Para su observación se empleará instrumental GNSS mediante método estático y una única sesión de observación.

Redes de 4º orden



El instrumental a utilizar es GNSS, empleando el método estático rápido como método de campo. Se cumplirá con que:

- La longitud de los vectores no sobrepasará en ninguna ocasión las recomendaciones establecidas para un determinado orden y que el 90% de la totalidad de los vectores observados para cada sesión se encontrarán por debajo de las distancias recomendadas.
- El número mínimo de satélites observados habrá de ser mayor de cinco.
- La precisión en posición PDOP sea menor de seis.
- La máscara de elevación sea mayor de 15°.
- Los tiempos de observación serán los recomendados (fig.8).
- El intervalo de registro será de cinco segundos, tanto para la estación fija como para el móvil.

Redes de 5º orden

Estas redes se emplearán únicamente para densificar las redes de orden superior a través del casco urbano empleando estaciones totales de alta precisión. Siempre que sea viable se emplearán métodos GNSS RTK, garantizando que no existe efecto multipath sobre las edificaciones colindantes. Independientemente del método empleado RTK o Poligonación, deben cumplirse las especificaciones en cuanto al número de vectores a observar para cada uno de los vértices que componen la red.

ORDEN	NUMERO MÍNIMO DE SESIONES	TIEMPO DE OBSERVACIÓN POR SESIÓN	NÚMERO MÍNIMO DE RECEPTORES REGISTRANDO DE FORMA SIMULTÁNEA.
2º TRIDIMENSIONAL	2	90 min.	6
3º TRIDIMENSIONAL	1	45 min.	4
4º TRIDIMENSIONAL	1	20 min.	3
REDES FOTOGRAMÉTRICAS	1	20 min.	3

Fig. 8. – Sesiones y tiempos de observación de las redes GPS.

4.3. Redes altimétricas

Red de nivelación de 2º orden.

Este tipo de líneas de nivelación serán observadas por dos equipos de campo empleando diferente instrumental, con el objeto de disminuir los errores sistemáticos.

Únicamente se emplearán niveles digitales de alta precisión junto con miras invar con puntales.

Red de nivelación de 3º orden.

De características similares a la red de 2º orden, pero empleando niveles de menor precisión y con tolerancias mayores. Se deberán igualmente emplear niveles digitales y miras codificadas.

Red de nivelación de 4º orden.

Dentro de esta categoría se incluyen aquellas nivelaciones realizadas para obtener las altitudes de los puntos de control en obras de ingeniería o similares. El tipo de instrumental a emplear es el convencional de obra, pudiendo emplear niveles analógicos o digitales. Las nivelaciones se realizarán siempre mediante doble recorrido IDA-VUELTA.



Tipo de comprobación	TIPO DE RED DE NIVELACIÓN		
	2º ORDEN	3º ORDEN	4º ORDEN
Normas ISO antes de empezar los trabajos	SI	SI	SI
Error máximo permitido	0.4 mm	1.0 mm	2.5 mm
Chequeo del error de colimación Máximo error de colimación	Diario. 0.4 mm sobre 30 m. Se debe almacenar al inicio de cada tramo en cada uno de los ficheros.	Diario. 1.0 mm sobre 30 m. Se debe almacenar al inicio de cada tramo en cada uno de los ficheros.	Al inicio de los trabajos y al final.
Aplicación de las correcciones de refracción y esfericidad sobre las medidas durante la observación.	Desactivar correcciones	Desactivar correcciones	SI
Calibración de la mira	Inmediatamente antes de iniciar los trabajos. Si los trabajos duran más de 12 meses se deberá enviar las miras al CEM para su calibración.	Inmediatamente antes de iniciar los trabajos. Si los trabajos duran más de 12 meses se deberá enviar las miras al organismo homologado para su calibración.	Periodo de validez del certificado de 12 meses.
Precisión del nivel de las miras	5'	10'	10'
Precisión de los termómetros	0.5° C	--	--

Fig. 9. – Verificación del instrumental a emplear.

El método de nivelación geométrica a utilizar será el del punto medio de forma estricta, tanteando con el propio nivel digital la distancia a ambas miras para que en ningún caso la diferencia de distancias entre aparato y miras se encuentre fuera de tolerancia. Entre otros requisitos a cumplir se encuentran la reducción de la distancia máxima de nivelada a 50m; la no lectura en los primeros decímetros de mira; el intercambio de las posiciones de las miras; el uso del zócalo para estaciones intermedias; el empleo de un número par de estaciones por itinerario; la utilización de miras invar, la lectura en el extremo inferior de la mira; la medición en condiciones meteorológicas adecuadas...Otros aspectos como el estacionamiento del nivel y de las miras seguirán la metodología desarrollada por el CCATPA en este manual.

METODOLOGÍA	TIPO DE RED DE NIVELACIÓN		
	2º ORDEN	3º ORDEN	4º ORDEN
Emplear estacionamiento girado para evitar sistematismos	SI	SI	NO
Método del punto medio	SI	SI	SI
Observación de itinerarios de doble recorrido por diferente personal	SI	SI	NO
Empleo de instrumental duplicado en itinerarios de doble recorrido	SI	SI	NO
Numero de medidas a realizar por visual	5	3	1
Número de visuales	aEFFE(FEEF)	aEFFE(FEEF)	aEF
Tolerancia en la medición múltiple de medidas para cada visual	Deberá tomarse la media de un mínimo de cinco medidas con una desviación estándar menor a 0.0002 m.	Deberá tomarse la media de un mínimo de tres medidas con una desviación estándar menor a 0.001 m.	Deberá tomarse la media de un mínimo de tres medidas con una desviación estándar menor a 0.002 m.
Medición de temperatura	De forma continua	NO	NO
Máxima longitud por visual	25 m.	30 m.	50 m.
Distancia mínima visada sobre el terreno	0.5 m.	0.5 m.	0.5 m.
Tolerancia entre las distancias de espalda y de frente	0.10 m.	0.50 m.	1.00 m.
Límites de observación	Media hora después del ORTO y media hora antes del OCASO. No observar en las horas centrales del día.	Media hora después del ORTO y media hora antes del OCASO. No observar en las horas centrales del día.	Media hora después del ORTO y media hora antes del OCASO. No observar en las horas centrales del día.
Nivelación doble	SI	SI	SI
Número par o impar de estacionamientos	PAR	PAR	PAR
Doble nivelada	SI	SI	SI

Fig. 10. – Procedimientos de observación en nivelaciones geométricas.

5. CÁLCULO

En la fase de cálculo tendremos que dar respuesta a las siguientes cuestiones:

- Ajuste tridimensional de observaciones GPS sobre el sistema de referencia ETRS89.
- Solución de la nivelación geométrica enlazada con la red tridimensional.
- Calculo de modelo aproximado de geoide en función de dichas observaciones.
- Ajuste sobre la proyección UTM ETRS89 de las poligonales ejecutadas mediante topografía clásica. Obtención de altitud ortométrica de los vértices de la poligonal.
- Ajuste combinado fusionando todos los observables así como el modelo local del geoide. Solución definitiva sobre el elipsoide. Cálculo de modelo de geoide definitivo.

Observables GPS



Resultará necesario transformar las observaciones en formato nativo a formato RINEX 2.10 de tal forma que éste sea la fuente de partida en el procesamiento de líneas base. Gracias al perfecto conocimiento de dicho formato, es posible realizar un chequeo antes reiniciar la fase de procesado de la calidad de las observaciones.

Comprobaremos que en los ficheros RINEX se cumple que el ID de las antenas empleadas y almacenadas en los fichero se corresponde con el ID oficial; que el nombre de los receptores sea el oficial y que los datos se estructuren por sesiones de observación. Además se comprobarán los datos almacenados mediante el software Teqc de Unavco.

El procesamiento y ajuste de las baselíneas GPS se efectuará completando la secuencia siguiente:

1. Análisis previo de los ficheros con la información estadística generada.
2. Descarga de las efemérides precisas proporcionadas por el IGS (<http://www.ngs.noaa.gov/>).
3. Se realizará el cierre de triángulos de las observaciones GPS en dos fases: verificación de la calidad absoluta de los cierres partir de cierres parciales por sesión de observación y a partir de las coordenadas de los vértices.
4. Procesamiento y salida de los resultados en los formatos siguientes: SINEX o alguno similar como GEOLAB, MOVE3, TTDEF, JIFXML...
5. Ajuste de la red como libre para determinar su calidad interna. Estudiaremos los resultados a partir del test Global de Modelo y de los de Baarda y Pope.
6. Mediante un ajuste ligado enlazaremos la red Regente y la RGPA2.
7. Se expresarán todas las soluciones sobre la proyección UTM en los husos 29 y 30.

Red Altimétrica

Se procederá a la corrección de los datos brutos

6. ENTREGA DE LA DOCUMENTACIÓN.

La entrega por parte de la empresa adjudicataria de la memoria definitiva, incluirá obligatoriamente la información siguiente:

- Índice.
- Resumen de las estadísticas principales de la fase de campo:
 - Días de observación: GNSS, poligonación, nivelación.
 - Número de observaciones GNSS y clásicas.
 - Número de puntos fijos y nuevos observados.
- Resumen general de todas las anomalías encontradas durante la observación de campo.
- Fichas de campo correctamente rellenas y ordenadas por:
 - Tipo de observación (GNSS, clásica, nivelación).
 - Día de trabajo.
 - Sesión de observación en el caso de ser GNSS.
- Ficheros en formato digital:
 - Ficheros RINEX para las observaciones GNSS.
 - Ficheros ASCII con el formato correspondiente para las observaciones clásicas.
 - Ficheros nativos de observación.
- Procesamiento de vectores GPS:
 - Ficheros SINEX o similar con las soluciones obtenidas.
- Ajuste definitivo:
 - Base de datos con los resultados.

7. CONTROL DE CALIDAD. RECEPCIÓN DE LOS TRABAJOS.

Durante el desarrollo del proyecto se realizará un control exhaustivo tanto de los resultados obtenidos dentro de cada una las fases de actuación como de los datos de partida, dado que éstos pueden incorporar errores que nos impidan alcanzar los objetivos planteados en el Pliego de Prescripciones Técnicas. Los procesos de control de calidad se



documentarán mediante un informe generado a partir de la valoración cuantitativa y cualitativa de los resultados obtenidos, que habrá de entregarse al finalizar la fase correspondiente.

7.2. Observables GPS

Antes de empezar a medir:

- Se creará un fichero específico de configuración que contendrá datos acerca de todas las características de observación, como pueden ser el tipo de antena, las máscaras de elevación, los intervalos de registro, el seguimiento de frecuencias L1, L2, la medida de fase, el seguimiento de código, las frecuencias de emisión y recepción de señal RTK, la hora local...Este tipo de ficheros deberán ser transferidos a cada receptor al inicio de cada jornada de trabajo. De este modo se obtendrá una total homogeneidad en los datos obtenidos, evitando errores tanto en los trabajos de campo como en fases posteriores de procesamiento de datos.
- Durante el uso de técnicas GPS RTK se verificará al inicio de cada sesión de trabajo la configuración de frecuencias de emisión en las ER y de recepción en los móviles, así como las condiciones de resolución a 2 ER de forma simultánea.
- De igual modo se utilizarán máscaras o filtros con código un asignado para las frecuencias de emisión de las ER, con el objeto de evitar la recepción de señales procedentes de otros equipos GPS que pudieran estar trabajando el entorno de alcance de la señal de radio.
- El personal implicado en los trabajos de observación en campo, deberá cumplir rigurosamente los siguientes procedimientos:
 - Comprobación de alturas de antena. Cada vez que se inicie una sesión de trabajo se verificará dicho valor y se realizará una fotografía que refleje el valor medido. Verificaremos asimismo, la concordancia entre el valor de la altura registrado en el receptor y el mostrado en la fotografía.
 - Control de tiempos de observación.
 - Control de satélites observados.
 - Control de geometría (PDOP y HDOP).

El resultado de estos procedimientos se reflejará en un estadillo de campo que será implementado a tal efecto. En este estadillo se indicará igualmente aquellas anomalías o incidentes que pudiesen ocurrir en el transcurso de las observaciones.

7.3. Nivelación de precisión

Reobservación del porcentaje de los tramos de nivelación.

Se reobservará un determinado porcentaje de los tramos de la nivelación (ida y vuelta) con el objeto de verificar la correcta observación de los itinerarios. Dichos tramos serán definidos por el director del proyecto y el porcentaje establecido en el pliego específico.

Reobservación de algunos tramos del IGN para verificar resultados.

Para verificar que nuestro trabajo puede enlazarse sin ningún tipo de problemas con la red de orden superior se realizará un control aleatorio sobre la red del IGN que garantice los valores proporcionados para los nodos de dicha red.

7.4. Verificación periódica del instrumental

Se realizarán comprobaciones semanales del instrumental empleado con el objeto de garantizar su estabilidad temporal a lo largo de la duración del trabajo. Para ello se procederá a observar las señales implantadas por los técnicos del CCATPA en la zona de La Morgal, siguiendo la metodología ISO correspondiente a cada instrumental.

7.5. Control de la Administración



De forma sintética diremos de los controles de calidad que efectuará la administración que:

- a. Se realizará un control de calidad sobre los observables entregados, así como sobre el ajuste efectuado. Todos los procesos de control de calidad que se efectúen se auxiliarán mediante un software de desarrollo propio, con el fin de conocer su funcionamiento interno y/o modelos matemáticos que emplea.
- b. Se aprobará o rechazará el ajuste entregado por el contratista.
- c. La aprobación definitiva de la Red Geodésica ejecutada deberá ser firmada por el director del proyecto, con independencia de la correspondiente garantía del proyecto en el caso de encontrar anomalías posteriores.

8. REFERENCIAS.

- Hooijberg, M.: "Practical geodesy". Ed. Springer, (1997).
- García-Asenjo, L., Hernández López, D. (2003): "Geodesia". Servicio de reprografía de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Cuadrado Méndez, Oscar. García-Asenjo, Luís. Hernández, David. Núñez, Alfonso. (2004): "Planificación y ejecución de Redes de Control de Calidad en Procesos Cartográficos". El Proyecto RGPA en el Principado de Asturias". Topcart 2004.
- Cuadrado Méndez, Oscar (2006): "Recomendaciones Técnicas para la ejecución de redes geodésicas de ámbito regional". Proyecto Fin de Carrera. Ingeniería en Geodesia y Cartografía. Universidad de Salamanca.
- Rüeger, J.M. (1999): Digital Levels: What are they Good for? Should we Buy them? Proceedings of the 6th East Asian Surveyors Conference.
- González Matesanz, F.J., weber, G., Celada, J., Dalda, A., Quirós. (2004): R.El proyecto EUREF-IP. Resultados con GPRS. 4ª Asamblea Hispano – Portuguesa de Geodesia y Geofísica.
- Quintanilla, I., Berne, J.L., Bretos, J.J., Del Río, J. (2004): Estudio sobre transmisión de correcciones diferenciales GPS.
- Talaya, J., Bosch, E., Ortiz, M. A., Parareda. (2000): C.CATNET: Una Red de Estaciones GPS para el Posicionamiento Diferencial en Tiempo Real. 4ª Semana Geomática de Barcelona.
- Normas ISO 17123-2: Procedimientos de campo para la inspección de instrumental topográfico. Niveles, (2001).
- Normas ISO 17123-3: Procedimientos de campo para la inspección de instrumental topográfico. Teodolitos, (2001).
- Normas ISO 17123-4: Procedimientos de campo para la inspección de instrumental topográfico. Equipos EDM de media de distancias, (2001).
- Normas ISO 17123-5: Procedimientos de campo para la inspección de instrumental topográfico. Estaciones Totales, (2005).