ACTUALIZACIÓN DEL MANUAL DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS PERTENECIENTE AL IGAC

IVÁN DAVID FERNÁNDEZ LÓPEZ

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

INGENIERÍA TOPOGRÁFICA

BOGOTÁ D. C.

2016

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

(TRABAJO DE GRADO EN LA MODALIDAD DE PASANTÍA)

ACTUALIZACIÓN DEL MANUAL DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS PERTENECIENTE AL IGAC

PROYECTO DE PASANTÍA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO TOPOGRÁFICO

IVÁN DAVID FERNÁNDEZ LÓPEZ

COD: 20112032021

DIRECTOR EXTERNO:
Ing. SIERVO WILLIAM LEÓN

DIRECTOR INTERNO:

Ing. Msc. ZAMIR MATURANA

BOGOTÁ D. C. OCTUBRE 2016

Contenido

1. Introducción 6

2. Objetivos 7

2.1 Objetivo general 7

2.2 Objetivos específicos 7

3. Resultados 8

3.1 Actualización del Título 8

3.2 Actualización de Responsabilidades 8

3.3 Actualización del Alcance 8

3.4 Actualización del Glosario 8

3.5 Actualización de Procedimiento 8

3.5.1 Numeral 3 9

3.5.2 Numeral 4 9

3.5.3 Numeral 5 10

3.5.4 Numeral 6 10

3.5.5 Numeral 10 10

3.5.6 Numeral 11 11

3.5.7 Numeral 12 11

3.5.8 Numeral 13 11

3.5.9 Numeral 14 12

3.5.10 Numeral 15 12

3.5.11 Numeral 16 13

3.6 Actualización de GNSS diferencial: Modo estático y estático rápido. 13

3.6.1 Numeral 1 13

3.6.2 Numeral 2 16

3.7 Actualización RTK 17

3.8 Actualización de Poligonación 18

3.10 Actualización de Radiación 19

3.11 Actualización de Levantamiento Mixto 20

4. Análisis de resultados 22

4.1 Actualización Título 22

4.2 Actualización de Responsabilidades 22

4.3 Análisis actualización del Alcance 22

4.4 Análisis actualización del Glosario 22

4.5 Análisis actualización de Procedimiento 23

4.5.1 Numeral 3 23

4.5.2 Numeral 4 23

4.5.3 Numeral 5 23

4.5.7 Numeral 6 24

4.5.8 Numeral 10 24

4.5.9 Numeral 11 24

4.5.9 Numeral 12 25

4.5.10 Numeral 13 25

4.5.11 Numeral 14 25

4.5.12 Numeral 15 26

4.5.13 Numeral 14 26

4.6 Análisis actualización de GNSS diferencial: Modo estático y estático rápido. 26

4.6.1 Numeral 1 26

4.6.2 Numeral 2 28

4.7 Análisis actualización de Poligonal 28

4.8 Análisis actualización de Radiación 29

4.9 Análisis actualización de Levantamiento Mixto 29

5. Evaluación objetivos de la pasantía 30

6. Conclusiones y recomendaciones 31

Índice de tablas

Tabla 1 Ancho de zona según tipo de carretera 12

Tabla 2 Rangos GDOP para un posicionamiento 14

Tabla 3 Tiempo de rastreo en minutos en modo estático 15

Tabla 4 Tiempo de rastreo en minutos en modo estático rápido 17

Tabla 5 Especificaciones según el tipo de levantamientos 21

1. Introducción

El IGAC tiene como misión producir, investigar, reglamentar, disponer y divulgar la información geográfica, cartográfica, agrológica, catastral, geodésica y de tecnologías geoespaciales para su aplicación en los procesos de gestión del conocimiento, planificación y desarrollo integral del país (“INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI", 2016). Para llevar a cabo esta misión es necesario velar por la ejecución correcta de procesos técnicos y administrativos dentro de la institución. Es por esto que el IGAC desarrolla manuales de procedimientos que sirven de guía para funcionarios y contratistas del Instituto y que además deben cumplir con estándares de calidad. Dentro de estos estándares se encuentra que cada manual debe estar debidamente actualizado para estar acorde a las exigencias y necesidades de la entidad.

El presente trabajo muestra los resultados de la actualización aplicada al Manual de Levantamientos Topográficos del IGAC. Esta actualización se centró en hacer cambios de forma y de contenido para mejorar y estandarizar los procesos llevados a cabo para realizar un levantamiento.

La última actualización que se le realizó al manual data del año 2011. Esto llevó a hacer necesaria la actualización por circunstancias como la adquisición de equipo topográfico de última tecnología, cambios de procesos obsoletos por procesos más eficientes y la necesidad de estandarizar los procedimientos dentro del IGAC en pro de llevar a la institución a un punto más alto donde esta sobresalga por su seriedad y calidad en sus levantamientos.

Para llevar a cabo esta actualización fue necesario reunir personal técnico para proponer, discutir y acordar los ajustes necesarios para mejorar el manual.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Apoyar a la Subdirección de Geografía y Cartografía en el proceso de la actualización del manual de Levantamientos Topográficos asignado al Grupo Interno de Trabajo de Control Terrestre y Clasificación de Campo dentro de la pasantía.

2.2 Objetivos específicos

- Conocer y aplicar lo establecido en las metodologías del IGAC, de acuerdo a los procedimientos documentados en manuales, instructivos y otros.
- Generar las actualizaciones necesarias del Manual de Levantamientos Topográficos asignado al Grupo Interno de Trabajo Control Terrestre y Clasificación de Campo
- Participar de forma activa en las actividades desarrolladas dentro del IGAC para mejorar el proceso de aprendizaje y así optar por el título de Ingeniería Topográfica

3. Resultados

3.1 Actualización del Título

Se actualiza el título de Manual de Levantamientos Topográficos de Precisión ya que se elimina la expresión “de Precisión”.

3.2 Actualización de Responsabilidades

Se agregan algunas responsabilidades para el GIT de Proyectos Geográficos y Cartográficos y para los Directores Territoriales.

3.3 Actualización del Alcance

En la versión 3 del manual se especifica que este aplica sólo para la actualización cartográfica de escalas 1:2 000 así: “Este manual aplica para los levantamientos topográficos ligados a la Red Geodésica Nacional MAGNA – SIRGAS y a la actualización cartográfica para escalas 1:2 000, que realice el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC a nivel Nacional” (p.1). Sin embargo en este punto se prefiere ampliar el alcance y no hacer salvedad en la actualización cartográfica para ninguna escala. La versión 4 del manual plantea: “Este manual aplica para los levantamientos topográficos ligados a la Red Geodésica Nacional MAGNA – SIRGAS y para las actualizaciones cartográficas que realice el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC a nivel Nacional” (p.1).

3.4 Actualización del Glosario

Se actualiza el glosario y se incluyen nuevos términos dentro del manual

3.5 Actualización de Procedimiento

Se hace la actualización de los siguientes numerales:

3.5.1 Numeral 3

Se cambia el término de coordenadas geográficas por coordenadas curvilíneas para el siguiente fragmento: “Coordenadas Geográficas: latitud, longitud y altura elipsoidal, para GNSS”. Además se cambia el término de red geodésica vertical por el de red geodésica nacional para el siguiente fragmento: “Las alturas sobre el nivel medio del mar estarán referidas a la red geodésica vertical, o en su defecto a las calculadas de las observaciones por el método GNSS y el modelo geoidal vigente” (GIT Control Terrestre y Clasificación de Campo, 2011, p.4).

3.5.2 Numeral 4

Se cambia la forma de grafía de la palabra MAGNA – SIRGAS por la grafía MAGNA-SIRGAS, se cita el Manual de Exploración y Materialización de Vértices Geodésicos con numeral, se omite la búsqueda del apoyo de la Oficina de Planeación Municipal para definir la ubicación del vértice a materializar, se elimina la precisión “con equipo GNSS”, por último, se abre la posibilidad de trabajar con coordenadas navegadas o arbitrarias siempre y cuando se haga la respectiva georreferenciación. El fragmento inicial de la versión 3 es: “Todo levantamiento topográfico debe iniciarse con orientación acimutal, a partir de dos vértices ligados a la red geodésica nacional MAGNA – SIRGAS con equipos GNSS. De ser necesario materializar dichos vértices, se debe contar con el apoyo de la correspondiente oficina de Planeación Municipal, para definir una adecuada ubicación que garantice su conservación (ver Manual de Exploración y Materialización de Vértices Geodésicos)” (p.4) y se reemplaza en la versión 4 con el siguiente fragmento: “° Todo levantamiento topográfico debe iniciarse con orientación acimutal, a partir de dos vértices ligados a la Red Geodésica Nacional MAGNA–SIRGAS. Es posible iniciar el levantamiento con coordenadas navegadas o arbitrarias y realizar la respectiva georreferenciación en un software.” (p.4).

3.5.3 Numeral 5

Se elimina el numeral 5 sobre las Direcciones Territoriales que reza lo siguiente: “Las Direcciones Territoriales deben apoyar los levantamientos topográficos con información sobre la ubicación y coordenadas certificadas de aquellos vértices geodésicos o topográficos que estén dentro de su jurisdicción con el fin de facilitar los trabajos de campo; en su defecto, se debe solicitar al archivo del GIT de Geodesia, certificación de coordenadas de los vértices de apoyo” (p.4) y reemplaza en la nueva versión por la siguiente aclaración: “Los vértices transitorios o puntos de apoyo deben, en lo posible, tener una duración de mínimo 6 meses (ver Manual de Exploración y Materialización de Vértices Geodésicos, numeral 5.NORMAS y ANEXO1. Materialización y Construcción)”.

3.5.4 Numeral 6

Se específica que el valor de las áreas deben ir redondeadas en metros cuadrados en la nueva versión a diferencia de la anterior que dictaba que se debían redondear hasta la segunda cifra decimal.

3.5.5 Numeral 10

Se elimina el método GNSS cinemático y la siguiente expresión “(GNSS y Estación Total)”. Adicionalmente se agrega el método RTK. El numeral 8 de la versión 3 se presenta así: “Los levantamientos topográficos se realizan aplicando uno de los tres métodos establecidos, a saber: GNSS diferencial (estático y cinemático), Poligonación, Radiación o Mixto (GNSS y Estación Total)” (p.6) y se reemplaza por la versión 4 de la siguiente manera: “Los levantamientos topográficos se realizan aplicando uno de los métodos establecidos, a saber: GNSS diferencial (estático y estático rápido), RTK, Poligonación, Radiación y/o Mixto”. (p.6).

3.5.6 Numeral 11

Se omite todo el numeral 9 que trata lo siguiente: “Los levantamientos topográficos que se realicen con tránsitos análogos o digitales que no tengan módulos de memoria entregaran la información obtenida en campo en el formato de cartera de toma de datos, teniendo en cuenta que debe ser entregado en formato pdf” (p.5) y se reemplaza por el siguiente texto: “Los datos medidos en campo deben ser almacenados en la estación total y se entregarán los archivos con extensión .sdr para estaciones Topcon y Sokkia y archivos con extensión .gsi para estaciones Leica.” (p.5) y se cambia por lo siguiente en la nueva versión: “Los datos medidos en campo deben ser almacenados en la estación total y se deben entregar los datos brutos y puntos en un formato conveniente”.

3.5.7 Numeral 12

Se establecen los usos de cada tipo de coordenadas y se cambia lo siguiente: “En áreas urbanas o levantamientos pequeños donde el área a levantar no es muy grande, las coordenadas obtenidas como resultado de los trabajos topográficos deben estar en proyección cartesiana. Para áreas rurales o levantamientos de gran extensión las coordenadas obtenidas deben estar en Proyección Gauss-Krüger” (p.5) por el siguiente texto en la versión 4:

“Los trabajos en campo con estación total se realizan con coordenadas planas cartesianas. En cuanto a los trabajos en campo con equipo GNSS se pueden realizar con coordenadas planas cartesianas como con coordenadas planas de Gauss.” (p.5)

3.5.8 Numeral 13

Se adiciona el numeral 13 donde se consigna el uso de coordenadas para el cálculo de áreas. Así: “El uso del tipo de coordenadas para el cálculo de áreas y entrega de planos

dependerá en primera instancia de la especificación del usuario. Si no hay especificación es necesario tener en cuenta que para un adecuado cálculo con coordenadas planas cartesianas hay que usar un origen cartesiano adecuado que no esté a más de 20 km de la zona de trabajo ya que si esto no se cumple el área puede sufrir deformaciones considerables”(p.6.).

3.5.9 Numeral 14

Se adiciona el numeral 14 donde se establece el área del levantamiento para predios delimitados por ríos teniendo en cuenta algunas especificaciones, en el manual se específica de la siguiente manera: “Los levantamientos realizados en predios delimitados por ríos o quebradas deben medirse hasta el borde de estos, y adicionalmente es necesario delimitar la ronda de los ríos dada por la autoridad ambiental correspondiente. El área de la ronda debe especificarse en el plano del proyecto” (p.6).

3.5.10 Numeral 15

Se adiciona el numeral 15 para determinar algunas especificaciones para la medición de predios delimitados por vías de la siguiente manera: “Los levantamientos realizados en predios delimitados por vías deben medirse hasta la faja de terreno perteneciente a la vía denominado ancho de zona o derecho de vía. Para esto, se tendrá en cuenta la siguiente tabla expedida por el INVIAS del año 2008. Lo anterior aplica para predios que no estén delimitados por cerca. Ver tabla1” (p.6) También se adjunta la siguiente tabla:

Tabla 1 Ancho de zona según tipo de carretera

CATEGORIA DE LA CARRETERA	**ANCHO DE ZONA**
Primaria de dos calzadas	>30 m
Primaria de una calzada	24-30m
Secundaria	20-24m
Terciaria	12 m

3.5.11 Numeral 16

Se hacen algunas correcciones sobre los documentos a entregar después de realizado un levantamiento. Se precisan formatos, informes, archivos y documentos a entregar.

3.6 Actualización de GNSS diferencial: Modo estático y estático rápido.

3.6.1 Numeral 1

Se cambia la configuración general de este capítulo. Se empieza con la definición de modo estático que es la misma de la versión 3 que se expresa como: "Se define como un método de posicionamiento diferencial, se caracteriza por la ocupación simultánea de dos o más puntos durante un período de tiempo suficientemente prolongado, en el cual los receptores se mantienen estacionarios en tanto el operario registra los datos, para posteriormente post-procesarlos, esto con el fin de lograr precisiones centimétricas" (p.7). Además se adicionan algunas recomendaciones para posicionamientos estáticos que no presentaba la versión 3. Estas recomendaciones son:

- Configuración general del equipo GNSS:

• Mascara de elevación 0° para terrenos totalmente llanos y sin obstáculos.

• Máscara de elevación 15° para terrenos montañosos y con obstáculos.

• Mínimo trabajar con 4 satélites

• Para la toma de alturas instrumentales remitirse al manual del usuario de cada equipo.

• El GDOP máximo permitido es de 8. Ver tabla 2.

Tabla 2 Rangos GDOP para un posicionamiento

RANGOS PARA EL GDOP	CALIDAD
< 5	Buena
5 – 8	Aceptable
8 – 10	Crítica
> 10	Mala

• Se debe tener en cuenta también el offset de cada equipo, que depende de las características de cada antena. Estas características se encuentran en https://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/. Este offset se debe sumar o restar en el software para efectos de procesamiento. Remitirse al instructivo de Procesamiento, Almacenamiento y Reporte de Información GNSS.

Amarre a la Red Nacional: En este apartado se resalta que el posicionamiento de dos puntos de apoyo debe ser simultáneo y se hace un ajuste a la regla que determina los tiempos de dicho posicionamiento estableciendo que el tiempo mínimo de estos debe ser de 40 minutos, pero aplicando indirectamente la regla ya nombrada en la versión 3 que determina que el posicionamiento debe ser de 15 minutos más 5 minutos por cada kilómetro alejado de la estación de la red nacional. También se aclara, en la nueva versión, que la línea base del posicionamiento debe medir más o menos 100 metros con puntos de apoyo intervisibles y con una buena distribución geométrica con respecto a la estación de la red nacional. Por último se adicionan tiempos para equipo de una sola frecuencia en la tabla de Tiempos de Rastreo en Minutos. El texto final de la versión 4 es: “Para establecer los dos puntos de amarre en modo estático, estos deben posicionarse simultáneamente, teniendo en cuenta que el tiempo de posicionamiento se rige por la regla 15 minutos más 5 minutos por cada kilómetro de distancia que separa la estación (Red

MAGNA-ECO o Red Pasiva) de los puntos posicionados. Sin embargo, también se establece que se debe posicionar un punto mínimo 40 minutos para asegurar la precisión de este. Además estos puntos deben ser intervisibles y deben estar distanciados por lo menos 100 metros. Por último, se recomienda que este par de puntos de amarre más el punto de la red nacional formen triángulos con una buena distribución geométrica. Para tiempos de rastreo ver la Tabla 3." (p.7)

Tabla 3 Tiempo de rastreo en minutos en modo estático

DISTANCIA EN KILÓMETROS	**TIEMPO DE RASTREO EN MINUTOS**	
	EQUIPO DE UNA FRECUENCIA	**EQUIPO DE DOBLE FRECUENCIA**
1	80	40
2	80	40
3	80	40
4	80	40
5	80	40
6	90	45
7	100	50
8	110	55
9	120	60
10	130	65

Por último en este apartado se añaden recomendaciones tales como:

• Para posicionamientos con distancias entre el punto y la estación mayores a 10 km se debe posicionar mínimo 4 horas.

• Sí se posiciona con valores del GDOP incorrectos o hay pérdidas de ciclo se debe incrementar de posicionamiento equivalente a dicha pérdida.

3.6.2 Numeral 2

Modo Estático Rápido, como se cambió la estructura del capítulo, en la definición del modo estático rápido se quitan algunas precisiones que se hicieron al inicio del capítulo en la versión 4. La versión 3 presenta lo siguiente: “Se define como un método de posicionamiento topográfico con GNSS, donde se emplean aproximadamente cinco minutos para capturar datos crudos GPS con un tiempo de compactación de un segundo, estos se someten a post-procesamiento con el fin de lograr precisiones inferiores al centímetro. El método es empleado para levantamientos de detalles y medición de muchos puntos de sucesión corta, es muy eficiente cuando los detalles están a distancias cortas.

Para trabajar con este método el número de satélites mínimo a utilizar es de cuatro, puesto que durante los desplazamientos de un punto a otro se puede perder la señal de alguno de los satélites. El receptor debe permanecer encendido durante todo el proceso incluyendo los desplazamientos.

El tiempo de determinación en cada uno de los puntos dependerá del número de satélites observados y Geometric Dilution of Precision –GDOP.

El tiempo de rastreo según distancia de la base a puntos de detalle, para levantamientos topográficos mediante radiación con GNSS estático rápido. Ver tabla 4” (p.7). La versión 4 sólo presenta la definición de modo estático rápido en este título más la siguiente tabla que también aparece en las dos versiones y no sufrió cambios.

Tabla 4 Tiempo de rastreo en minutos en modo estático rápido

DISTANCIA EN KILÓMETROS	TIEMPO DE RASTREO EN MINUTOS	
	EQUIPO DE DOBLE FRECUENCIA	EQUIPO DE FRECUENCIA SENCILLA
1	1	2
2	2	4
3	3	6
4	4	8
5	5	10
6	6	12
7	7	14
8	8	16
9	9	18
10	10	20

a. Actualización RTK

Se adiciona el método RTK con el siguiente texto: “Un levantamiento RTK es un método diferencial donde se obtienen coordenadas en tiempo real. Para levantamientos de este tipo, se deben instalar dos receptores (base y rover). El receptor base se arma en un punto con coordenadas conocidas y tiene como principal función recolectar información, generar las correcciones y enviarlas al rover que recibe y procesa estos datos con sus propias observaciones generando así su propia posición relativa con alta precisión. El intercambio de información se hace por medio de un sistema de radio.

Recomendaciones Generales

- Para configuración del equipo, radio y demás se debe consultar el manual del usuario del equipo con el que se esté trabajando.

- Se deben usar soluciones fijas, esto quiere decir que se usan coordenadas reales y no navegadas o flotantes.
- Se deben entregar los archivos crudos y nube de puntos con extensión .csv" (p.9).

3.8 Actualización de Poligonación

- La definición del termino poligonación es el mismo en ambas versiones: "El método de poligonación consiste en el levantamiento de una poligonal, entendida como una línea quebrada, constituida por vértices (estaciones) y lados que unen dichos vértices. Las poligonales deben levantarse y ajustarse antes de hallar los detalles" (p.7). La versión 3 presenta un marco teórico para realizar el ajuste de una poligonal cuando se leen ángulos observados externos o internos, en cambio la versión 4 adiciona además un marco teórico para el ajuste de una poligonal cuando se leen azimutes. Por último, la parte de poligonación también tiene un apartado para el amarre a la red nacional que dictamina lo siguiente: "Cuando se encuentre una placa de la red pasiva a no más de 3 kilómetros de la zona donde se va a realizar el levantamiento se puede conformar una poligonal y realizar el correspondiente traslado de coordenadas con los puntos que sean necesarios para llegar a dicha zona. Se debe cerrar el polígono en el punto de la red pasiva donde se inició con una precisión en de 1:10 000 (por cada 10.000 metros un metro de error).

  " (p.9)

En la versión 4 se eliminan los siguientes fragmentos: "Los levantamientos que se realicen con estaciones totales que permitan guardar los datos en módulo de memoria, entregarán la información de los crudos (información en formato propio de la estación total o del GNSS), en

formato digital y en archivos separados, el levantamiento de la poligonal y el levantamiento de los detalles, y en un formato interoperable el cálculo y ajuste de la poligonal" (p.9)

"Si el levantamiento topográfico está ligado con las coordenadas verdaderas de los puntos de apoyo (norte, este y altura), la poligonal puede calcularse y ajustarse en campo, por ende, todas las coordenadas de los detalles levantados a partir de vértices con coordenadas ajustadas serán las definitivas" (p.9)

"Aquellos levantamientos que se realicen con equipos que no tengan módulos de memoria, entregaran los datos en el formato cartera de toma de datos tanto del bloque de la poligonal como del levantamiento de los detalles y en formato interoperable el cálculo y ajuste de la poligonal" (p.9).

3.10 Actualización de Radiación

En la versión 3 se hace una aclaración con respecto al manejo de los datos, esta salvedad se omite en la versión 4. La versión 3 presenta lo siguiente: "Cuando el levantamiento se realice por radiación, se requiere que se verifique al final, el cierre con el par de los dos puntos bases, para descartar movimiento o desnivelación del aparato. Los levantamientos que se realicen con estaciones totales que permitan guardar los datos en módulo de memoria, entregaran la información de los crudos en formato digital en carpetas con los correspondientes archivos. Aquellos levantamientos que se realicen con equipos que no tengan módulos de memoria entregaran los datos en el formato cartera de toma de datos" (p.9). Para la versión 4 en esta parte se presenta lo siguiente: "Cuando el levantamiento se realice por radiación, se requieren hacer verificaciones en cada estación para descartar movimiento o desnivelación del instrumento. Si el error en la verificación de los puntos es alto se debe repetir el levantamiento." (p.9).

3.11 Actualización de Levantamiento Mixto

Esta parte no presenta grandes cambios, sólo se omite el siguiente paréntesis "(GNSS y estación total)" (p.9) y se adicionan algunas recomendaciones para un levantamientos mixto. La versión 4 dicta lo siguiente: "Para levantamientos mixtos, el trabajo realizado en campo con la estación siempre debe iniciarse con coordenadas planas Cartesianas, esto quiere decir que si además se usa equipo GNSS en el mismo levantamiento este debe configurarse para trabajar con las mismas coordenadas que la estación. Si por el contrario, se empieza el levantamiento con equipo GNSS configurado para trabajar con coordenadas planas de Gauss y se continúa el trabajo con estación total, entonces las coordenadas planas cartesianas obtenidas con el trabajo de estación deben convertirse a coordenadas planas de Gauss. Toda conversión de coordenadas debe hacerse en MAGNAPRO.

Cuando un levantamiento se realiza en forma mixta, la poligonal generada debe cumplir las especificaciones mencionadas en el numeral 5.3.2 y la información en los formatos y archivos en la forma como se describe a continuación.

De acuerdo con su propósito, los levantamientos topográficos deben cumplir con los siguientes estándares. Ver tabla 5.

Tabla 5 Especificaciones según el tipo de levantamientos

TIPO O CLASE	PRECISIÓN DEL CIERRE		APLICACIÓN	CONDICIONES DE EJECUCIÓN	
	HORIZONTAL	VERTICAL		HORIZONTAL	VERTICAL
1	1:20 000	12√k	Poligonales de apoyo para levantamientos de alta precisión en ciudades y proyectos especiales	GNSS: Estático Diferencial Estación Total	Nivelación Topográfica Nivelación Trigonométrica
2	1:10 000	12√k. Este valor no aplicar para levantamientos catastrales	Levantamientos topográficos de precisión en zonas urbanas y rurales de alto impacto económico	GNSS: Estático Diferencial Estación Total	Nivelación Topográfica Nivelación Trigonométrica
3	1:5 000	12√k. Este valor no aplicar para levantamientos catastrales	Levantamientos topográficos de precisión	GNSS: Estático Rápido Diferencial Estación Total	Nivelación Topográfica Nivelación Trigonométrica
4	1:2 500	12√k	Levantamientos en áreas pequeñas	GNSS: Cinemático Diferencial Estación Total	Nivelación Topográfica Nivelación Trigonométrica

4. Análisis de resultados

4.1 Actualización Título

Se considera que el título “Manual de Levantamientos Topográficos de Precisión” es una redundancia, ya que se entiende de que un levantamiento topográficos siempre debe ser preciso.”

4.2 Actualización de Responsabilidades

Se agregan algunas responsabilidades que no harán parte del análisis ya que el trabajo se enfoca en los cambios técnicos que haya tenido el manual.

4.3 Análisis actualización del Alcance

Cuando se revisó el alcance este precisaba que el Manual de Levantamientos Topográficos de Precisión aplicaba solo para la actualización cartográfica de escalas 1:2 000. Esto es falso, ya que, cuando se realizan levantamientos, independientemente del método, para la actualización cartográfica suele producirse en diversas escalas, pueden ser más grandes o más pequeñas y no es conveniente ceñir el manual a un rango específico para no limitarlo. Es por esto, que se elimina el fragmento donde se precisa lo mencionado y se amplía el alcance del manual.

4.4 Análisis actualización del Glosario

El glosario se amplía porque en la versión 3 los términos presentados no pueden satisfacer las necesidades del lector cuando éste presente algunas dudas sobre los términos. Es por esto que se aumentan la cantidad de términos. Estas definiciones provienen de fuentes como el Diccionario Prehispánico de dudas, la norma ISO 4611 y de otros manuales del IGAC.

4.5 Análisis actualización de Procedimiento

4.5.1 Numeral 3

Para levantamientos topográficos el IGAC trabaja planimétricamente, ya que estos levantamientos están más orientados a la obtención de las áreas de los predios. Por lo tanto, dentro de estos levantamientos se reduce la importancia de las alturas y así mismo se disminuye la exigencia en precisión. En principio, en este numeral, citado anteriormente, se usó el término “red geodésica vertical” pero se prefiere usar un término más general como lo es “red geodésica nacional” que reúne la red activa MAGNA-ECO la red pasiva MAGNA-SIRGAS y la red de Nivelación, ya que generalmente para trabajos en campo se usan la alturas dadas por estas tres redes.

4.5.2 Numeral 4

Se cambia la forma de escribir MAGNA – SIRGAS ya que en el instituto se desea que esta palabra se promocione como una marca registrada, es por esto que ahora se escribe MAGNA-SIRGAS en la nueva versión. Se adiciona el numeral en la citación del Manual de Exploración y Materialización de Vértices Geodésicos para facilitar la búsqueda del lector a la hora de remitirse a este. Se elimina la precisión “con equipo GNSS” ya que los levantamientos no se realizan sólo con equipo GNSS sino también con estación total.

4.5.3 Numeral 5

Se elimina este numeral ya que las funciones de las Direcciones Territoriales ahí mencionadas ya no son válidas. Ahora la expedición de las coordenadas certificadas de vértices geodésicos o topográficos se puede descargar directamente desde la página del IGAC. A cambio de este numeral se resalta en la nueva versión que los vértices transitorios deben tener, en lo posible, una duración de seis meses, esto para facilitar las posibles verificaciones o correcciones

que se puedan realizar en campo. También se aclara que en lo posible, ya que hay factores externos como el retiro de estos vértices por parte de los dueños de los predios, que son muy difíciles de controlar y que atentan contra la duración de estos vértices, sin embargo se debe garantizar que fuera de estos factores la estructura del punto debe durar 6 meses como mínimo.

4.5.7 Numeral 6

El valor de las áreas deben ir redondeadas al metro ya que los levantamientos realizados en el IGAC sirven de base para procesos como restitución de tierras y avalúos, es por esto que presentar áreas con varios decimales puede ser inoficioso en estos procesos.

4.5.8 Numeral 10

Se elimina el método cinemático ya que en el IGAC no se está usando en el momento. Además se elimina el paréntesis "(GNSS y Estación Total)" que está mal usado porque en el paréntesis deberían ir métodos topográficos pero este se refiere a tipo de equipo topográfico. Finalmente se adiciona el método RTK ya que el IGAC está relacionado con el método y en proceso de implementación.

4.5.9 Numeral 11

Se elimina este numeral ya que habla de tránsitos análogos que no tienen módulo de memoria ya que en el momento el IGAC tiene equipos que son considerados de última tecnología y todos tienen módulo de memoria. Esta mención se reemplaza por un texto que aclara que siempre se deben guardar los datos dentro de la estación y se deben entregar los crudos en formatos eficientes.

4.5.9 Numeral 12

Cuando se hacen trabajos en campo con estación total se deben trabajar en proyección plana cartesiana ya que la estación total está diseñada para levantamientos de áreas no muy extensas en donde no se toma en cuenta la curvatura de la tierra. Es por esto que se trabaja con una proyección local como la plana cartesiana, la razón por la cual se aclara en el presente numeral del manual vigente. En cambio el equipo GNSS puede trabajar en campo con coordenadas planas cartesianas y coordenadas planas de Gauss.

4.5.10 Numeral 13

En primera instancia se deja el cálculo del área con la proyección que el usuario desee, sin embargo no siempre se especifica el uso de la proyección en los levantamientos. Sí no hay exigencia del usuario, para el cálculo correcto de la áreas se debe tener en cuenta que el IGAC ha creado gran cantidad de orígenes cartesianos locales a través del tiempo que logran mantener la propiedad de conformidad hasta 20 km de radio desde el punto central del origen creado. Esto permite medir con gran precisión áreas de predios siempre y cuando se aplique el origen plano cartesiano local correcto.

4.5.11 Numeral 14

Se cree necesario establecer que los predios delimitados por ríos deben medirse hasta el borde de estos para hallar el área, ya que el área de afectación por la ronda del río sigue perteneciendo al dueño del predio y sólo cambia el uso del suelo de dicha zona. Además se establece que en el plano del levantamiento debe ir delimitada dicha ronda con su respectiva área para efectos de valoración de avalúos y para posibles negociaciones con las entidades ambientales correspondientes

4.5.12 Numeral 15

Así mismo también se establece que los levantamientos en predios que estén delimitados por vías deben medirse hasta la faja de terreno perteneciente a la vía, ya que esta zona puede ser utilizada para próximas ampliaciones de la vía. También se debe definir en el plano del levantamiento el área perteneciente a la vía y el área perteneciente al predio, todo esto para la evaluación de los avalúos en este tipo de predios. Se adjunta una tabla presentada por el Manual de Diseño Geométrico de Vías del INVIAS.

4.5.13 Numeral 14

Es necesario estandarizar los documentos, formatos y archivos a entregar que documenten de manera correcta todo lo desarrollado en un levantamiento con el fin de facilitar procesos de verificación y archivo de los levantamientos realizados.

4.6 Análisis actualización de GNSS diferencial: Modo estático y estático rápido.

4.6.1 Numeral 1

Se cambió el orden general del capítulo ya que la versión 3 presentaba algunas inconsistencias en el orden. Ya no se presenta el término “levantamiento en modo estático o estático rápido” ya que el posicionamiento de puntos en modo estático o estático rápido no siempre derivan en un levantamiento.

También se adicionan algunas recomendaciones para el manejo de equipo GNSS. Entre estas recomendaciones se presentan el valor correcto de GDOP para un posicionamiento, ya que siempre se debe contar con una buena distribución geométrica de los satélites y entre menos sea el valor de este mejor va a ser el posicionamiento. Además por norma del IGAC se debe manejar una máscara de elevación de 0° o 15° dependiendo del tipo de terreno y la presencia de

obstáculos. Máscara de 0° puede funcionar muy bien para terrenos planos y sin obstáculos ya que puede aprovechar esta condición para obtener un mayor número de satélites que se presenten en el horizonte y la máscara de 15° para terrenos más montañosos y con obstáculos ya que en estas condiciones los satélites que estén el horizonte pueden ser inútiles para el posicionamiento. Es importante la ubicación de un punto a posicionar ya que de esto depende la posibilidad de obtener más satélites y mejorar el posicionamiento.

Adicionalmente en estas recomendaciones se establece que el mínimo número de satélites para trabajar debe ser de 4. También se precisa que debe consultarse el manual de usuario de cada equipo utilizado para la toma de alturas, ya que la toma de este dato varía dependiendo de la marca y el equipo. Además cada marca maneja guías diferentes y también pueden variar sus ARP. Se recomienda remitirse a la página de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Esta distancia se le denomina offset y hay que tenerla en cuenta para hallar la altura instrumental correcta que se debe ingresar en el post-proceso.

El amarre a la red nacional es un procedimiento muy importante ya que la georreferenciación es requisito de cualquier trabajo topográfico dentro de las condiciones geográficas establecidas en el país. Esto con el fin de mantener una coherencia y una conexión entre todos los datos geográficos que deben estar amarrados a unas coordenadas dentro del país. Es por esto que se establecen algunas condiciones para realizar el amarre a la red nacional. Lo más importante dentro de este procedimiento es cumplir con las precisiones requeridas y para esto se deben realizar los trabajos topográficos de manera correcta. Se usa inicialmente la regla para tiempos de posicionamiento de 15 min + 5 min de rastreo por kilómetro de distancia entre el punto y la estación de la red nacional. Los quince minutos iniciales son necesarios para que el equipo logre estabilizarse en la zona donde se está trabajando ya que probablemente la última sesión de

trabajo fue en otro lugar completamente distinto. Los otros 5 min por kilómetro se tendrán como información totalmente válida para el usuario. Sin embargo, por términos de seguridad se tiene que el tiempo mínimo que un punto debe ser posicionado debe ser de 40 min. También se establece que para equipos de una frecuencia o frecuencia sencilla es necesario un posicionamiento con el doble de tiempo que se usa para equipo de doble frecuencia, ya que el equipo de frecuencia sencilla tiene menos precisión puesto que solo recibe información de la frecuencia L1, que contiene dos códigos, el P de alta precisión pero encriptado ya que es sólo para fines militares, el código C/A que es menos preciso además de un mensaje de navegación mientras que el equipo de doble frecuencia mide L1 y L2, esta última contiene el código LC2 similar en precisión al C/A, el P y también un mensaje de navegación. La ventaja de los equipos que leen doble frecuencia L1 y L2 es que permiten por comparación de información determinar la diferencia de retardos como el ionosférico haciéndolos más precisos. Para guiar al consultor del manual se adjunta una tabla. Ver tabla 2.

4.6.2 Numeral 2

Este numeral presenta información de posicionamiento en modo estático rápido. No presenta grandes cambios sólo se omiten algunas consideraciones ya tratadas en otros apartados en la nueva versión.

4.7 Análisis actualización de Poligonal

En esta parte se adiciona un método de ajuste de una poligonal que mide azimutes y coordenadas para así tener más posibilidades metodológicas a la hora de realizar una poligonal dependiendo de las condiciones del terreno, equipo y personal. En cuanto a la parte técnica es favorable realizar la poligonal midiendo azimutes y coordenadas ya que me permite tener indicadores inmediatamente en campo de los posibles errores que se van presentando en la

medición de esta en vez de esperar al trabajo de oficina para cuantificar los posibles errores. Además la precisión de los equipos del IGAC también facilita un trabajo más directo en donde inmediatamente en campo se obtienen las coordenadas de la poligonal junto con los errores en el cierre. Llegado el caso de no obtener la precisión deseada y sea necesario un ajuste, se procede a ajustar el azimut para luego obtener proyecciones juntos con sus correcciones para por último obtener las coordenadas definitivas del levantamiento.

Adicionalmente en esta parte del manual se incluyen también algunas consideraciones para el amarre a la red nacional pero esta vez a través de una poligonal. Se establece que se puede hacer un traslado de coordenadas a partir de un punto de la Red Pasiva por medio de una poligonal cerrada. Este punto de la red no puede estar a una distancia de más de 3 kilómetros ya que una poligonal muy extensa puede no tener una buena precisión. Esta precisión se establece de 1:10 000 por normativa del IGAC. Cabe anotar que es una buena precisión.

4.8 Análisis actualización de Radiación

Se elimina el fragmento que trata sobre el equipo que no tenga módulo de memoria, ya que el IGAC en el momento sólo maneja estaciones que permiten guardar datos. Para el resto del apartado no se hace ninguna modificación.

4.9 Análisis actualización de Levantamiento Mixto

Se hacen algunas aclaraciones ya que en los levantamientos mixtos se debe tener claro el uso de tipo de coordenadas. Lo más importante es que los planos y lo cálculos deben ir con una misma proyección. También tener claro que la estación sólo puede trabajar con coordenadas planas cartesianas ya que está diseñada para no corregir la curvatura de la tierra. Cualquier conversión de coordenadas obtenidas con estación debe hacerse en un software especializado en este tipo de cálculos.

5. Evaluación objetivos de la pasantía

Se apoyó a la Subdirección de Geografía y Cartografía en la actualización del manual de Levantamientos Topográficos de Precisión recopilando información, recomendaciones de técnicos y profesionales para al final entregar la actualización del manual recibido con entera satisfacción por parte del IGAC. Cumpliendo así el objetivo principal de la pasantía

Se revisaron todos los instructivos, documentos y manuales del IGAC para realizar la actualización cumpliendo con los parámetros establecidos por el instituto.

Se realizaron actualizaciones de forma y contenido necesarias para suplir las las actuales exigencias. Se vio la necesidad de actualizar el manual por renovación de equipos, cambios de metodologías y proceso de estandarización a fin de mejorar los estándares de calidad.

Se participó de forma activa en las charlas, capacitaciones, prácticas, reuniones y eventos realizados dentro del IGAC, dando continuidad al proceso de aprendizaje con el fin de lograr la formación profesional en el ámbito de la topografía.

6. Conclusiones y recomendaciones

Los cambios realizados al manual se dan en pro de la mejora en la eficiencia y calidad de los procesos, es por esto que dentro de los principales cambios se encuentra el cambio en la metodología para realizar una poligonal, aprovechando la buena precisión de los equipos y con el fin de poder llevar una verificación y un control directamente en campo del levantamiento de la poligonal.

Es importante para el IGAC ser estricto en las precisiones de los levantamientos, es por esto que en este manual se señalan algunas recomendaciones para el manejo de equipo GNSS como la forma correcta de tomar alturas instrumentales, valores del GDOP, tiempos de rastreo y metodologías para el amarre de puntos de apoyo a la red nacional. Sin embargo, se hace énfasis en consultar manuales de usuario y todos aquellos insumos que se entregan cuando el instituto adquiere un equipo nuevo, todo con el fin de mantener el personal técnico capacitado y preparado para el uso de cualquier equipo propiedad del IGAC.

Se recomienda al IGAC hacer esfuerzos en la obtención de nuevas tecnologías como es el uso de Drones para la toma de fotografías aéreas y la obtención de mapas a partir de estas. No se cree necesario obtener tecnología láser scanner ya que para la misionalidad del IGAC esta no es funcional. Por último, para manejo RTK se debe incursionar un poco más para que el uso de este método sea más frecuente en los trabajos del instituto.

Es importante para el IGAC establecer condiciones muy precisas y serias sobre cómo ejecutar y entregar cualquier tipo de producto que a su vez sirven como insumo para la toma de decisiones importantes y planificación del desarrollo del país. Es por esto, que es necesario producir textos guías para el personal interno como lo es el Manual de Levantamientos Topográficos de Precisión. Adicionalmente es un trabajo muy importante mantener actualizados

estos documentos para descartar procesos obsoletos y adicionar nuevas tendencias, metodologías y conocimientos producto de la experiencia y la investigación. Para mantener la calidad de los textos guías como el manual es necesario concientizar al personal del instituto sobre la importancia de estos, para que sean los mismos funcionarios y contratistas que se encarguen de retroalimentar dichos textos. Adicionalmente también es necesario promover la investigación dentro del instituto que produzca nuevos conocimientos y así seguir retroalimentando los textos guías como el manual de levantamientos.