



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales



Resolución Jefatural

Nº 057 – 2016/IGN/UCCN

Surquillo, 10 de junio de 2016

Visto; La Norma Técnica para Levantamientos Geodésicos Verticales; y,

CONSIDERANDO:

Que, de conformidad a la Ley Nº 27292, su Reglamento aprobado con Decreto Supremo Nº 005 – DE/SG y el Decreto Supremo Nº 034 – 2008 – PCM que aprueba la Calificación de Organismos Públicos, el Instituto Geográfico Nacional, es un organismo público ejecutor del Sector Defensa, con personería jurídica de derecho público interno. Goza de autonomía técnica, administrativa y económica, constituye un pliego presupuestal del Sector Defensa;

Que, de acuerdo a lo establecido en la normatividad antes indicada, el IGN tiene por finalidad fundamental elaborar y actualizar la Cartografía Básica Oficial, proporcionando a las entidades públicas y privadas, la Cartografía que requieran, para los fines del desarrollo y la Defensa Nacional. Teniendo como función entre otras, "actuar como organismo competente del Estado para normar actividades geográfico - cartográficas que se ejecutan en el ámbito nacional";

Que, la ley Nº 27658, Ley Marco de Modernización de la Gestión del Estado y su Reglamento DS Nº 030-2002 PCM del 02 mayo 2002, establece que el proceso de modernización de la gestión del estado tiene como finalidad fundamental la obtención de mayores niveles de eficiencia del aparato estatal, de manera que se logre una mejor atención a la ciudadanía, priorizando y optimizando el uso de los recursos públicos, la generación de una estructura orgánica en la que prevalezca el principio de especialidad;

Que, dado el crecimiento económico que viene experimentando el país, se está incrementando la generación y el empleo de cartografía a diferentes escalas para ser utilizadas en los estudios de proyectos de inversión y desarrollo; con el objeto de permitir la unificación de métodos y procedimientos, en un marco de referencia único. Todos los trabajos de nivelación deben estar referidos a la Red de Nivelación Nacional



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

que constituye la red Geodésica Vertical Oficial la que tiene como superficie de referencia el nivel medio del mar, conformada por Marcas de Cota Fija (MCF) o Bench Mark (BM) distribuidos dentro del ámbito del territorio nacional a lo largo de las principales vías de comunicación terrestre.



Que, con Resolución Jefatural N° 137 - 2015/IGN/UCCN se dispuso la publicación del proyecto de Norma Técnica para Levantamientos Geodésicos Verticales en el portal web del Instituto Geográfico Nacional, a fin de recibir las opiniones y sugerencias de los interesados por un plazo de TREINTA (30) días naturales, contados a partir de la publicación de la citada Resolución Jefatural;



Que, habiendo concluido el plazo indicado en el considerando anterior, es necesario aprobar la Norma Técnica del visto elaborada por el Ente Rector de la Cartografía en el Perú;

De conformidad a la Ley N° 27292, Decreto Supremo N° 005-DE/SG, Decreto Supremo N° 034 - 2008 - PCM, y en uso de las atribuciones conferidas por la Resolución Suprema N° 561-2015 - DE/ del 31 de diciembre de 2015;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- Aprobar la Norma Técnica para Levantamientos Geodésicos Verticales, que será de cumplimiento obligatorio para generadores y usuarios de información de levantamiento geodésico vertical y su posterior procesamiento de datos obtenidos con equipos de levantamiento geodésico vertical.

ARTÍCULO SEGUNDO.- Encargar a la Oficina General de Estadística e Informática del IGN, la difusión de la citada Resolución para su ejecución y cumplimiento.

Regístrese, comuníquese y archívese.



0-219745761-0
MARCO ANTONIO MERINO AMAND
General de Brigada
Jefe del Instituto Geográfico Nacional



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

“Año de la consolidación del Mar de Grau”



PERÚ

**Ministerio
de Defensa**

**Instituto
Geográfico Nacional**

NORMA TÉCNICA GEODÉSICA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS VERTICALES





Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

ÍNDICE

Presentación

Introducción

CAPÍTULO I

Norma Técnica para Levantamientos Geodésicos Verticales

- 1.1. Objeto
- 1.2. Base Legal
- 1.3. Campo de Aplicación
- 1.4. Términos y Definiciones
- 1.5. Símbolos y Términos Abreviados

CAPÍTULO II

Consideraciones Geodésicas

- 2.1. La figura de la tierra
- 2.2. El elipsoide de revolución
- 2.3. El geoide
- 2.4. La gravedad
- 2.5. Métodos para obtención del geoide
- 2.6. Red de Nivelación Nacional

CAPÍTULO III

Especificaciones Técnicas para Levantamientos Geodésicos Verticales

- 3.1. Nivelación
 - 3.1.1. Precisión y exactitud
 - 3.1.2. Valores
 - 3.1.3. Errores
 - 3.1.3.1. Causas de los errores
 - 3.1.3.2. Tipos de errores
 - 3.1.3.3. Correcciones
 - 3.1.4. Estadística
 - 3.1.4.1. Media Aritmética
 - 3.1.4.2. Desviación Estándar
 - 3.1.5. Sistemas de Altitudes
 - 3.1.5.1. Altitud Aproximada
 - 3.1.5.2. Altitud Ortométrica



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

- 3.1.5.3. Altitud Normal
- 3.1.5.4. Altitud Dinámica
- 3.1.6. Modos de Nivelación
 - 3.1.6.1. Nivelación Geométrica
 - 3.1.6.2. Nivelación Trigonométrica
 - 3.1.6.3. Nivelación Satelital
 - 3.1.6.4. Nivelación Barométrica
- 3.2. Tipos de Nivelación
 - 3.2.1. Nivelación Directa (Geométrica ó Diferencial)
 - 3.2.1.1. Nivelación Geométrica Simple
 - 3.2.1.2. Nivelación Geométrica Compuesta
 - 3.2.2. Nivelación Indirecta (Ordinaria)
 - 3.2.2.1. Nivelación Trigonométrica
 - 3.2.2.2. Nivelación Satelital GNSS
- 3.3. Clasificación de la Nivelación
 - 3.3.1. Nivelación de Alta Precisión (NAP)
 - 3.3.2. Nivelación de Precisión (NP)
 - 3.3.3. Nivelación Ordinaria (NO)
- 3.4. Métodos de Nivelación
- 3.5. Líneas, Anillos y Redes de Nivelación
- 3.6. Fases de un trabajo de nivelación
 - 3.6.1 Planeamiento
 - 3.6.2 Reconocimiento
 - 3.6.3 Monumentación
 - 3.6.4 Trabajos de campo
 - 3.6.5 Cálculos de gabinete
 - 3.6.5.1 Ajuste de una Línea y/o Anillo de Nivelación
 - 3.6.5.2 Ajuste de una Red de Nivelación
- 3.7. Formulación de la Memoria Descriptiva

Anexos

Referencias Bibliográficas



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

PRESENTACIÓN

El Instituto Geográfico Nacional de conformidad a la Ley N° 27292, su Reglamento aprobado con Decreto Supremo N° 005-DE/SG y el Decreto Supremo N° 034-2008-PCM que aprueba la calificación de Organismos Públicos de acuerdo a lo dispuesto por la Ley N° 29158, es un Organismo Público Ejecutor del Sector Defensa, con personería jurídica de derecho público interno, goza de autonomía técnica, administrativa y económica, constituye un pliego presupuestal del Sector Defensa; tiene por finalidad fundamental, elaborar y actualizar la Cartografía Básica Oficial del Perú, información que es proporcionada a las entidades públicas y privadas para los fines del Desarrollo y Defensa Nacional. Teniendo como función entre otras, “actuar como organismo competente del Estado para **normar** actividades geográfico – cartográficas que se ejecutan en el ámbito nacional”.

Con el objeto de permitir la unificación de métodos y procedimientos, en un marco de referencia único. Todos los trabajos de nivelación deben estar referidos a la Red de Nivelación Nacional que constituye la red Geodésica Vertical Oficial que tiene como superficie de referencia el nivel medio del mar, conformada por Marcas de Cota Fija (MCF) o Bench Mark (BM) distribuidos dentro del ámbito del territorio nacional a lo largo de las principales vías de comunicación terrestre.

Estos lineamientos se han establecido utilizando como referencia las especificaciones técnicas y demás textos descriptivos referidos a nivelación con equipos automáticos y digitales, de diversas Instituciones generadoras de Cartografía Nacional e Internacional y la experiencia alcanzada en esta materia, por el personal técnico especializado que labora en el Instituto Geográfico Nacional, de modo que se facilite su operación, intercambio y aprovechamiento integral evitando la multiplicidad de esfuerzos y costos, homogenizando los levantamientos geodésicos verticales que sirven de sustento a los trabajos cartográficos que realiza el sector público y privado del Estado.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

INTRODUCCIÓN

El Instituto Geográfico Nacional en cumplimiento de la ley que lo faculta a normar los aspectos relacionados con la Geomática y con el fin de conseguir la homogeneidad de la información Geográfica, desarrolla la presente Norma Técnica para que las especificaciones contenidas en la misma sirvan de ayuda para encontrar pautas comunes que permitan un aprovechamiento integral y de orientación en la adopción de tecnologías avanzadas dentro del campo de la Geodesia, puesto que para utilizar correcta y eficientemente el uso de los equipos de nivelación, es necesario contar con un conocimiento adecuado.

En las últimas dos décadas, el desarrollo de las comunicaciones y las herramientas Informáticas han producido un acrecentamiento tal en la posibilidad de obtener, almacenar, procesar e intercambiar información, que en el caso de la Geodesia se encuentra directamente relacionada con el trabajo de tipo espacial. A fin de definir con precisión la altitud de un punto en el terreno.

Para la generación de este documento se toma como referencia los documentos de trabajo del Comité Técnico 211 de la Organización Internacional de Estandarización (ISO), cuya estructura y contenido de este documento se basara en la norma **ISO 19111** "Referenciación Espacial por Coordenadas". La norma permite trabajar con sistemas geodésicos, verticales y de ingeniería y define el esquema conceptual para la descripción de la referenciación espacial por coordenadas. Describiendo el mínimo de datos necesarios para definir sistemas de referencia de coordenadas de una, dos y tres dimensiones.

Como toda Norma Técnica, está sujeta a revisión de acuerdo a las observaciones, análisis y experiencias, las mismas que servirán para que versiones posteriores sean mejoradas. Ya que el cambio de metodología en la ciencia de la Geodesia ha logrado adoptar una herramienta acorde a las precisiones que proporcionan los modernos equipos de nivelación, en demanda a una sociedad que requiere de mejor calidad en la información geográfica.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Norma Técnica Geodésica

Título	Norma Técnica para Proyectos de Nivelación (IGN) V1.0
Identificador	IGN_OGA_UCCN_2016_V1.0_005
Autor	Instituto Geográfico Nacional
Fecha	06-2016
Tema	Referencia Espacial por Coordenadas
Estado	Aprobado
Objeto	La finalidad de esta Norma es especificar y definir las propiedades y características a tener en cuenta a la hora de realizar una nivelación y posterior procesamiento de datos obtenidos con un nivel digital, en todas las etapas del proceso: planificación, nivelación y posterior procesamiento.
Descripción	Define el esquema conceptual para la descripción de la referenciación espacial de una nivelación y por coordenadas. Describe el mínimo de datos necesarios para definir sistemas de referencia altimétrico de alta precisión, de precisión y ordinaria.
Contribuciones	Ángel Enciso Obregón (Dirección de Geodesia)
Fuente	Estos lineamientos se han establecido utilizando como referencia las especificaciones técnicas y demás textos descriptivos referidos a nivelación geodésica, de diversas Instituciones generadoras de Cartografía Nacional e Internacional y la experiencia alcanzada en esta materia, por el personal técnico especializado que labora en el Instituto Geográfico Nacional.
Responsables	Julio Llanos Alberca (Unidad de Control de Calidad y Normalización) Luis Cano Ramos (Unidad de Control de Calidad y Normalización)
Documentos relacionados	Norma ISO 19111 "Referenciación Espacial por Coordenadas" R. J. N° 079-2006-IGN/OAJ/DGC "Sistema Geodésico Oficial" R. J. N°086-2011-IGN/OAJ/DGC "Sistema Geodésico Oficial sustentado en el Marco Internacional de Referencia terrestre (ITRF 2000)"



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Versión 1.0

Nº de revisión	Fecha	Autor/ modificado por	Comentarios
01			
02			
03			
04			
05			
06			



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Capítulo

1

NORMA TÉCNICA ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS VERTICALES

1.1. Objeto

- a. Esta Norma define el esquema conceptual para establecer las especificaciones mínimas, que deberán atenderse en los levantamientos geodésicos verticales que se realicen en el territorio nacional.
- b. Especificar las propiedades y características a tener en cuenta a la hora de realizar un levantamiento geodésico vertical y posterior procesamiento de datos obtenidos con un equipo de levantamiento geodésico vertical.
- c. Conceptuar y establecer que un levantamiento geodésico vertical, es el conjunto de métodos u operaciones que tienen por objeto determinar las altitudes de los diversos puntos del terreno referidos a un mismo plano horizontal de referencia.
- d. Los levantamientos geodésicos verticales, permitirán elaborar planos a escala grande, garantizando el error mínimo permisible (precisión), determinando la altura de los puntos de apoyo y/o fotocontrol (PFCV) en relación al nivel medio del mar.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

1.2 Base Legal

Ley N° 27292-Ley del Instituto Geográfico Nacional

Título II

Finalidad y Funciones

Artículo 4°.- Finalidad específica

Son finalidades específicas del Instituto Geográfico Nacional planear, normar, dirigir, ejecutar y controlar las actividades que el país requiere para el Desarrollo y la Defensa Nacional, referidos a levantamientos cartográficos, así como a los aspectos físicos y sociales inherentes a las Ciencias Geográfico – Cartográficas.

Artículo 5°.- Funciones

Actuar como organismo competente del Estado para **normar** las actividades Geográfico – Cartográficas que se ejecutan en el ámbito Nacional.

1.3. Campo de Aplicación

- a. Esta Norma es aplicable a generadores y usuarios de información de levantamiento geodésico vertical y su posterior procesamiento de datos obtenidos con equipos de levantamiento geodésico vertical.
- b. Esta norma es de aplicación obligatoria para las fases de levantamiento geodésico vertical, estandarizando los procesos para asegurar la calidad del levantamiento unificando el lenguaje, los procesos, procedimientos y el intercambio de información.

1.4. Términos y Definiciones

En la presente norma son aplicables los términos y definiciones siguientes:

Ajuste

Es el proceso de corregir observaciones para producir los mejores valores finales de los valores desconocidos.

Altimetría

Es el conjunto o estudio de operaciones, métodos y procedimientos necesarios para definir y representar, numérica o gráficamente, el relieve del terreno con el fin de determinar las cotas de los diferentes puntos del terreno, con respecto al plano horizontal de comparación.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Altitud

Es la distancia vertical referido a un origen determinado, (nivel medio del mar, geoide) a un punto superficial del terreno.

Altitud Ortométrica

Es la distancia entre un punto en el terreno con respecto al geoide, medida a lo largo de la vertical del lugar. Generalmente se denomina elevación.

Altura Instrumental o Altura de Instrumento (AI)

Elevación del plano de vista con respecto a un plano de referencia asumida.

Altura

Es la distancia vertical entre dos puntos en el terreno.

Altura Elipsoidal

Las alturas elipsoidales (h) representan la separación entre la superficie topográfica terrestre y el elipsoide. Dicha separación se calcula sobre la línea perpendicular a este último. Las alturas elipsoidales son obtenidas a partir de las coordenadas geocéntricas cartesianas (X , Y , Z) definidas sobre un elipsoide de referencia (p. ej. el modelo Geodetic Reference System 1980, GRS80, o el World Geodetic System 1984, WGS84, los cuales, en la práctica, son iguales), y determinadas a partir del posicionamiento satelital de los puntos de interés.

Altura Geoidal

Distancia del geoide sobre o por debajo del elipsoide de referencia. También se conoce como separación geoidal u ondulación geoidal.

Altura Nivelada

Son las obtenidas por medio de métodos de nivelación clásicos y no tienen en cuenta la falta de paralelismo entre las superficies equipotenciales, originado por la irregular distribución de las masas internas de la Tierra.

Angulo Vertical

Es un ángulo que existe entre dos líneas que se interceptan en un plano vertical.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Azimut o Acimut

Es el ángulo de una dirección contado en el sentido de las agujas del reloj a partir del norte geográfico. Cuando se empieza a contar a partir del norte magnético, se denomina rumbo o acimut magnético. En geodesia, el acimut sirve para determinar la orientación de un sistema de triangulación. Es el ángulo que forma una línea con la dirección Norte, medida de 0° a 360° en el sentido de las agujas del reloj. El término acimut sólo se usa cuando se trata del norte geográfico.

Banco de Nivel

Punto de referencia cuya elevación con respecto a un plano es conocida. Se usa como punto de arranque o punto de cierre de una nivelación.

Bench Mark (B.M.)

También conocida como Marca de Cota Fija, el cual es un punto de carácter permanente, del cual se conocen su ubicación, localización y altitud que ha sido determinada previamente por una nivelación de precisión. En casos excepcionales y/o especiales, donde no exista Red de Nivelación Nacional se podrá establecer una marca de cota referencial zonal que sirva de base para efectuar proyectos de nivelación local.

Cartografía

Es la representación en cartas de la información geográfica del terreno.

Cenit o Zenit

Punto del firmamento que corresponde verticalmente al lugar de la Tierra donde está situado el observador.

Control Vertical

Serie de bancos de nivel u otros puntos de cota conocida que se colocan para un trabajo geodésico.

Coordenadas

Son cantidades lineales o angulares que designan la posición ocupada por un punto en un sistema de referencia.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Coordenadas Cartesianas Geocéntricas o Tridimensionales

Son las definidas en base a una terna ordenada de ejes ortogonales, siguiendo el origen y orientación a los ejes dados por el sistema de referencia terrestre internacional (convencional).

Coordenadas Geodésicas

Latitud geodésica: ángulo que forma la normal al elipsoide con el plano del Ecuador.

Longitud geodésica: ángulo entre el meridiano geodésico del punto y el meridiano de Greenwich.

Coordenadas planas o proyectadas

Son las que resultan de proyectar la superficie del elipsoide sobre un plano. Los puntos proyectados son designados por la coordenada X o Norte y la coordenada Y o Este, medidas sobre dos ejes perpendiculares, trazados a partir de un origen definido convencionalmente de distintas maneras, según sea el sistema de proyección elegido.

Datum

Un Datum es un Sistema de Referencia Geodésico definido por la superficie de referencia precisamente posicionada y mantenida en el espacio; y es generada por una red compensada de puntos. El Datum geodésico se define como un conjunto de parámetros que especifican la superficie de referencia o el sistema de referencia de coordenadas utilizado por el apoyo geodésico en el cálculo de coordenadas de puntos terrestres; comúnmente los Datums se definen separadamente como horizontales y verticales.

Datum Geodésico

Concepto asociado a los marcos de referencia geodésicos clásicos. Los parámetros que definen a un datum geodésico son: un punto origen, en el que se hace coincidir la vertical del lugar con la normal al elipsoide y generalmente se establece la condición de tangencia entre el elipsoide y el geoide; un elipsoide, definido por la longitud del semieje mayor y el aplastamiento; la ubicación del punto origen con sus valores de latitud y longitud; y finalmente un acimut en el punto origen con la finalidad de orientar al elipsoide. Los marcos de referencia clásicos o locales son materializados mediante redes de diversos órdenes.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Desviación Estándar (σ)

La medida de dispersión, alrededor del promedio de una cantidad evaluada normalmente mediante la expresión:

En donde:

X = valor de cada una de las observaciones;

X' = promedio de dichas observaciones, y

n = cantidad de observaciones.

Diferencia de Elevación o Desnivel

Es la distancia vertical que hay entre dos superficies de nivel en las que están ubicados los puntos.

EGM 2008

Modelo matemático de geoide a escala global desarrollado por la National Geospatial Intelligence Agency (NGA) de los Estados Unidos de América en el año 2008. Se trata de un modelo establecido para la transformación entre alturas.

Elevación o Cota

Distancia medida sobre un plano vertical, desde un plano tomando como referencia (Usualmente el nivel de mar), hasta el punto considerado.

Elipsoide

El sólido geométrico generado por la rotación de una elipse alrededor de uno de sus ejes.

Elipsoide de Referencia

Es la superficie formada por la revolución de una elipse alrededor de su eje menor y usado como dato de comparación en levantamientos geodésicos del globo terrestre. Es la figura matemática que más se aproxima al Geoide, siendo sencilla de definir matemáticamente.

Error Medio Cuadrático (EMC) (RMS)

Es la raíz cuadrada del cociente entre la suma de los cuadrados de los errores aleatorios y el número de errores menos uno, se minimiza con una solución por el método de los cuadrados mínimos. Proporciona una medida estadística de la dispersión de las posiciones calculadas en torno a la "posición mejor ajustada". A menor EMC mayor precisión.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Estación de Rastreo Permanente (ERP)

Es un receptor GNSS cuya ubicación se ha determinado con precisión y exactitud que recibe información diferencial acerca de los receptores móviles del sistema.

Estación Base

Es aquella que siendo extremo de un vector se asume como de coordenadas conocidas.

Estándar

Es aquella que siendo extremo de un vector se asume como de coordenadas conocidas. También se la suele llamar "estación de referencia".

Exactitud

Es el grado de cercanía de los resultados de una medición, tal como una coordenada horizontal o una altura, con respecto a su valor verdadero.

Exactitud de Posicionamiento Horizontal

Es la exactitud referida a la posición horizontal de un determinado punto o conjunto de puntos en términos de sus coordenadas de latitud y longitud.

Exactitud de Posicionamiento Vertical

Es la exactitud referida a la posición vertical o altura de un determinado punto o conjunto de puntos en términos de su distancia a un cierto plano o nivel de referencia.

Geoide

Es la superficie equipotencial del campo de gravedad terrestre que mejor se ajusta al nivel medio del mar sin perturbaciones y que es perpendicular en todos sus puntos a la dirección de la gravedad y que se extiende de manera continua por debajo de los continentes. Es la superficie de nivel, equipotencial en el campo de la gravedad, que adopta la forma de esferoide irregular tridimensional.

GNSS

Es el acrónimo de Global Navigation Satellite Systems, utilizado para denominar al conjunto de sistemas de posicionamiento satelital e incluye a los actuales NAVSTAR – GPS, GLONASS y a los nuevos sistemas de la Unión Europea GALILEO, el chino BEIDOU, el japonés QZSS y el Indio IRNSS.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

ITRF (International Terrestrial Reference Frame)

Marco de Referencia Terrestre Internacional, materializado y mantenido por el IERS. Sus coordenadas están relacionadas a un sistema con origen en el centro de masa de la Tierra (incluidos los océanos y la atmósfera) y orientación de sus ejes consistentes con las resoluciones emanadas de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (IUGG) y la Unión Astronómica Internacional (IAU). Las coordenadas de los puntos cambian con el tiempo. El sistema de referencia terrestre internacional convencional se materializa a través de las coordenadas de una serie de estaciones distribuidas por todo el mundo en ese sistema de referencia, constituyendo el ITRF (Internacional Terrestrial Reference Frame), establecido y mantenido por la IERS.

Itinerario

Es el método que une dos puntos conocidos mediante una nivelación o poligonal.

Línea Horizontal

Es una línea considerada recta y tangente a una superficie de nivel.

Línea Vertical

Es la línea que sigue la dirección de la gravedad, indicada por el hilo de una plomada.

Línea de Nivel

Es la línea contenida en una superficie de nivel la cual es curva.

Línea Base

Línea que realiza una medición tridimensional entre dos estaciones, en las que se han capturado y procesado datos GNSS simultáneos con técnicas de diferenciación.

Latitud Geodésica

Es el ángulo que la normal al Elipsoide en un punto cualquiera forma con el plano del Ecuador.

Longitud Geodésica

Es el ángulo diedro comprendido entre el meridiano de referencia terrestre y el plano del meridiano que contiene el punto.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Levantamiento

Es el conjunto de procedimientos y operaciones de campo y gabinete orientadas a la determinación de coordenadas horizontales o verticales.

Levantamiento Geodésico

Es el conjunto de procedimientos y operaciones de campo y gabinete, destinado a determinar las coordenadas geodésicas de puntos sobre el terreno considerando la curvatura de la Tierra, elegidos y demarcados con respecto al Sistema de Referencia en uso.

Levantamiento Geodésico Horizontal

El que comprende una serie de medidas efectuadas en el terreno, cuyo propósito final consiste en determinar las coordenadas geodésicas horizontales, de estaciones geodésicas situadas sobre o cerca de la superficie terrestre.

Levantamiento Geodésico Vertical

El que comprende todas aquellas operaciones de campo dirigidas a determinar la distancia vertical que existe entre estaciones geodésicas situadas sobre o cerca de la superficie terrestre y el nivel de referencia adoptado.

Micrómetro

Es una herramienta para tomar mediciones más precisas, que las que pueden hacerse con calibrador.

Marco de Referencia (geodésico)

Es la materialización de un sistema de referencia a través de un conjunto de estaciones de control fijas, establecidas sobre la superficie terrestre por sus respectivas coordenadas y correspondientes variaciones en el tiempo.

Meridiano

Es una línea de referencia (semicírculo) que se define por su correspondiente longitud, (como el meridiano de Greenwich), que va de polo a polo del globo terráqueo. Todos los puntos que pertenezcan al mismo meridiano se caracterizan por tener la misma hora local.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Meridiano de Greenwich

Meridiano origen que pasa por el Observatorio Real de Greenwich, e indica los cero grados de longitud, a partir del cual se miden todos los meridianos hacia el este y al oeste.

Metadatos

Son datos estructurados que describen las características de contenido, calidad, condición, acceso y distribución de la información estadística o geográfica.

Modelo Geoidal

Es la superficie equipotencial que mejor coincide en el sentido de mínimos cuadrados con el nivel medio del mar. Son aquellos modelos matemáticos que tratan de representar a la superficie o geografía de la tierra o determinada zona. Para poder realizar esto se debe definir al geoide y los elipsoides que se van a utilizar.

Nadir

Es el punto diametralmente opuesto al Cenit. Punto que se encuentra bajo una recta hipotética (debajo de los pies del observador).

Nivelación

Es una operación para determinar desniveles entre dos o más puntos, y permite determinar las elevaciones o alturas de diversos puntos, midiendo las distancias verticales con referencia a una superficie de nivel cuya altura se conoce, y de esta manera se determinan la elevación o cota de dichos puntos.

Nivel Medio del Mar

Es la altura promedio de la superficie del mar según todas las etapas de la marea en un periodo aproximado de 19 años.

Partes Por Millón (ppm)

Expresión del error relativo usado frecuentemente para referirse al error en la determinación de distancias.

Plano Horizontal

Es el plano perpendicular a la dirección de la gravedad.

Plano Vertical

Es todo aquel plano que contenga una línea vertical.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Pendiente (P)

Es la inclinación del terreno (de una línea) con respecto a la horizontal; se indica en porcentaje (%) o como una magnitud angular.

Perfil

Es una representación del relieve del terreno que se obtiene cortando transversal o longitudinal las líneas de un mapa de curvas de nivel, o mapa topográfico.

Posicionamiento Diferencial

Es la determinación de las coordenadas de un punto, mediante una técnica satelital en forma relativa respecto de una estación base.

Posicionamiento Puntual o Absoluto

Es la determinación de las coordenadas de un punto en forma aislada.

Post – Procesamiento

Es el procesamiento de datos de observación, obtenidos en el terreno.

Prisma

Es un objeto circular formado por una serie de cristales que tienen la función de regresar la señal emitida.

Presión Atmosférica

Es la fuerza por unidad de superficie que ejerce el aire sobre la superficie terrestre. La presión atmosférica en un lugar determinado experimenta variaciones asociadas con los cambios meteorológicos y varía según la latitud.

Precisión

Grado de consistencia entre los valores observados de una determinada magnitud o su repetitividad basada en el grado de discrepancia entre los valores observados.

Proyección Cartográfica o Proyección Geográfica

Es un sistema de representación gráfica que establece una relación ordenada entre los puntos de la superficie curva de la Tierra y los de una superficie plana (mapa). Estos puntos se localizan apoyándose de una red de meridianos y paralelos, en forma de malla.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Punto de Cambio

Es un punto sobre el cual se toma una vista más con el objeto de determinar la altura instrumental. La característica distintiva de un punto de cambio es que sobre él se dirigen dos visuales; una vista menos desde una posición del nivel y una vista más, de la siguiente posición.

Refracción

Es el cambio de dirección que experimentan los rayos luminosos al pasar de un medio a otro en el que se propagan con distinta velocidad.

Red

Se utiliza para definir a una estructura que cuenta con un patrón característico. En altimetría está formada principalmente por desniveles y distancias horizontales.

Red Geodésica

Es el conjunto de puntos, físicamente establecidos mediante marcas, hitos o señales sobre el terreno, medidos con gran precisión, que proporcionan las coordenadas geodésicas: Latitud, Longitud y Altitud. Se encuentran enlazados y ajustados a marcos geodésicos nacionales o mundiales.

Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN)

Es la compuesta por estaciones geodésicas, horizontales, verticales y gravimétricas distribuidas de forma homogénea en el territorio nacional.

Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo (REGPMOC)

Es un conjunto de estaciones GNSS de referencia de operación continua distribuida estratégicamente en el territorio nacional, que materializan el Sistema Geodésico WGS84, y proporcionan servicios de posicionamiento geodésico a los usuarios mediante datos en línea y coordenadas en el marco oficial ITRF2000. Se compone básicamente de un receptor GNSS estático que se posiciona de manera permanente en una localidad geográfica conocida, y recolecta datos de posicionamiento las 24 horas del día, 7 días a la semana y los 365 días del año. Estos datos son transmitidos por medio de una red de computadoras hacia un servidor central, en donde estos son almacenados para su uso posterior.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Solución Fija

Es la solución que se obtiene, cuando el procesador de líneas base resuelve la búsqueda de ambigüedad y se han fijado en sus valores enteros, y lo hace con una fiabilidad que le permite seleccionar el mejor conjunto de enteros.

Solución Flotante

Esta solución se obtiene cuando el procesador de líneas base no es capaz de resolver la búsqueda de ambigüedad del entero con suficiente fiabilidad y, por lo tanto, no logra seleccionar el mejor conjunto de enteros. Se denomina 'flotante' porque la ambigüedad incluye una parte fraccionaria.

Superficie de Nivel

Es la superficie curva que en cada punto es perpendicular a la línea de una plomada (La dirección en que actúa la gravedad), una masa de agua es el mejor ejemplo de ello.

Superficie Equipotencial

Es la superficie de potencial constante. Denominada también superficie de nivel.

Varianza

Es la medida de dispersión alrededor del promedio probable de una cantidad evaluada normalmente, mediante la expresión:

$$s_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^2 \right) - \bar{X}^2$$

Siendo:

- X_i : cada dato
- n : El número de datos
- \bar{X} : la media aritmética de los datos

Vértice Geodésico, Punto o Estación Geodésica

Es cualquier ubicación para la cual se han determinado o se determinarán sus coordenadas.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Vista atrás o Vista de Espalda (V+)

Es una visual tomada sobre una mira situada sobre un punto de elevación conocida para determinar qué tan alto está el plano de vista sobre ese punto y establecer la altura del instrumento con respecto al plano de referencia asumida.

Vista adelante o Vista de Frente (V-)

Es una visual tomada sobre una mira situada en un punto de elevación desconocida para determinar qué tanto por debajo del plano de vista se encuentra ese punto, esto determina la elevación del punto con respecto al plano de referencia.

WGS 1984

El WGS84 es un sistema de coordenadas geográficas mundial que permite localizar cualquier punto de la Tierra (sin necesitar otro de referencia) por medio de tres unidades dadas. WGS84 son las siglas en inglés de World Geodetic System 84 (que significa Sistema Geodésico Mundial 1984). Se trata de un sistema de referencia creado por la Agencia de Mapeo del Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América (Defense Mapping Agency - DMA).

1.5. Símbolos y Términos Abreviados

- **BM:** Bench Mark.
- **CEP:** Círculo de Error Probable.
- **EPV:** Exactitud de Posicionamiento Vertical.
- **GNSS:** Global Navigation Satellite System (Sistema Satelital de Navegación Global).
- **MCF:** Marca de Cota Fija.
- **NAVSTAR:** Navigation System with Time and Ranking (Sistema de navegación en tiempo y distancia).
- **RMS:** Root mean square (Error medio cuadrático).
- **REGGEN:** Red Geodésica Geocéntrica Nacional.
- **REGPMOC:** Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo.
- **REGGEN:** Red Geodésica Geocéntrica Nacional.
- **UTM:** Universal Transversa de Mercator.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Capítulo

2

CONSIDERACIONES GEODÉSICAS

La Geodesia, es la ciencia que estudia la forma y dimensiones de la Tierra. Esto incluye la determinación del campo gravitatorio externo de la tierra y la superficie del fondo oceánico. Dentro de esta definición, se incluye también la orientación y posición de la tierra en el espacio.

Una parte fundamental de la geodesia es la determinación de la posición de puntos sobre la superficie terrestre mediante coordenadas (latitud, longitud, altura).

Los fundamentos físicos y matemáticos necesarios para su obtención, sitúan a la geodesia como una ciencia básica para otras disciplinas, como la topografía, fotogrametría, cartografía, ingeniería civil, navegación, sistemas de información geográfica, entre otras.

Desde el punto de vista del objetivo de estudio, se puede establecer una división de la geodesia en diferentes especialidades, aunque cualquier trabajo geodésico requiere la intervención de varias de estas subdivisiones:

- **Geodesia geométrica:** Determinación de la forma y dimensiones de la Tierra en su aspecto geométrico, lo cual incluye fundamentalmente la determinación de coordenadas de puntos en su superficie.
- **Geodesia física:** Estudio del campo gravitatorio de la Tierra y sus variaciones, mareas (oceánicas y terrestres) y su relación con el concepto de altitud.
- **Geodesia Astronómica:** Determinación de coordenadas en la superficie terrestre a partir de mediciones a los astros.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

- **Geodesia espacial:** Determinación de coordenadas a partir de mediciones efectuadas a satélites artificiales cuya observación resulta más cómoda y precisa que la tradicional. Aplica técnicas tridimensionales y resuelve todos los problemas de la Geodesia tanto geométricos como dinámicos y relación con la definición de sistemas de referencia.

El Sistema Geodésico Oficial está conformado por la Red Geodésica Horizontal Oficial y la Red Geodésica Vertical Oficial, que está a cargo del Instituto Geográfico Nacional. Que constituye el sistema de referencia único a nivel nacional; el cual, se encuentra integrado a los Sistemas de Referencia Mundiales. Esta materializado por puntos localizados dentro del ámbito del territorio nacional mediante monumentos o marcas, que interconectados permiten la obtención conjunta o separado de su posición geodésica (coordenadas), altura o del campo de gravedad, enlazados a los sistemas de referencia establecidos.

Se constituye la Red Geodésica Vertical Oficial a la Red de Nivelación Nacional, la misma que tiene como superficie de referencia el nivel medio del mar, está conformada por Marcas de Cota Fija (MCF) o Bench Mark (BM) distribuidos dentro del ámbito del territorio nacional a lo largo de las principales vías de comunicación terrestre, los mismos que constituyen bienes del Estado. Esta Red Geodésica está sujeta al avance tecnológico tendiente a obtener una referencia altimétrica global relacionada al campo de la gravedad.

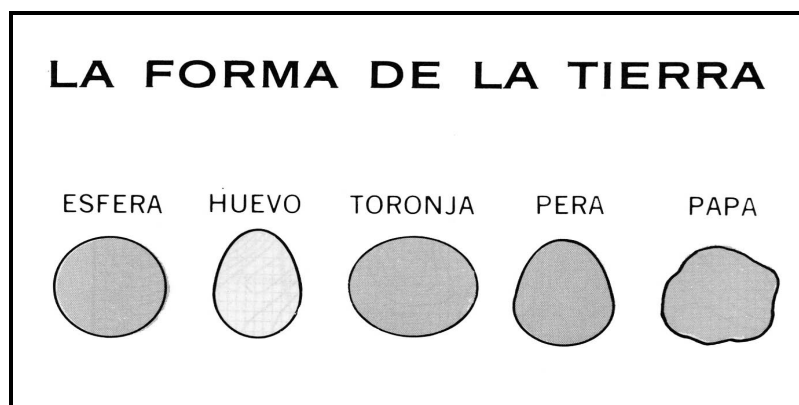
2.1 LA FIGURA DE LA TIERRA

El problema de la figura de la tierra es uno de los más antiguos de la historia de la ciencia. Al principio la Tierra fue considerada como una superficie plana. Los filósofos griegos y los primeros cartógrafos la describieron y dibujaron de diversos modos: como un disco plano rodeado por agua; como un disco flotante; como un bote de agua; como un cilindro suspendido en el espacio, etc. Todas estas teorías primigenias se basaban en algún folclore particular o ideas teológicas.

Aunque es claro que la teoría pitagórica de una Tierra esférica es la más cercana a la verdad, la idea de una Tierra plana se usa aún para levantamientos en áreas pequeñas. El levantamiento de una ciudad puede realizarse considerando que la Tierra es una superficie plana dentro de los límites de la ciudad; es decir, en áreas pequeñas se pueden determinar posiciones exactas sin considerar la forma y el tamaño de toda la Tierra.

Así, en Geodesia, la expresión “figura de la Tierra” tiene varios significados de acuerdo al modo en que se use y a la precisión con que se determine la forma y tamaño de la Tierra. La superficie topográfica es más objetiva por su variedad de formas geomorfológicas e hidrográficas. Sobre esta superficie se realizan los levantamientos. Sin embargo, debido a su forma irregular no es adecuada para cálculos matemáticos precisos. La superficie topográfica generalmente es de interés para topógrafos e hidrógrafos.

El concepto esférico pitagórico ofrece una superficie simple y fácil de tratar matemáticamente. Se usa en muchos cálculos astronómicos y de navegación. Aunque la esfera es una buena aproximación a la verdadera figura de la Tierra, y es muy útil en diversas aplicaciones, no lo es cuando se desea medir distancias grandes. Se requiere entonces de una figura más exacta. La evolución de la concepción de la forma de la tierra a través de la historia se muestra en la siguiente figura:



Formas de la Tierra

La determinación de la forma de la tierra puede ser vista desde dos perspectivas:

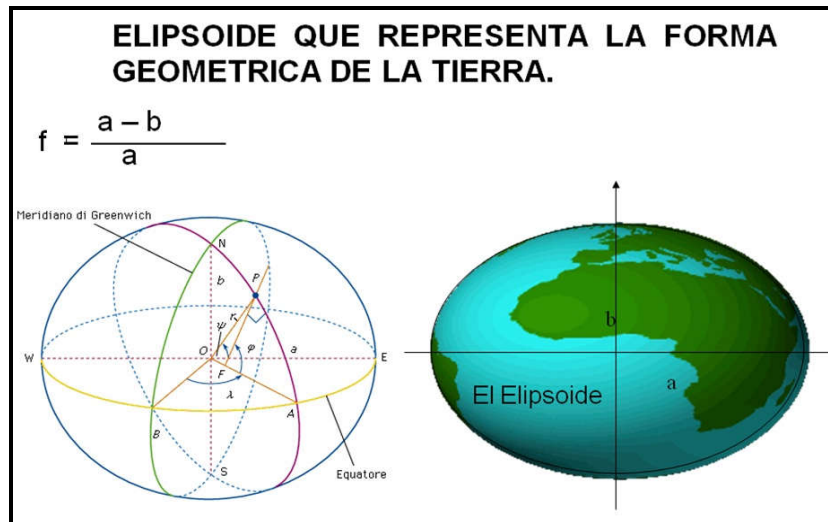
- El primero, de carácter geométrico, mediante el establecimiento de cadenas de triangulación; implica la medición de longitudes de arcos de meridianos y paralelos; se habla de **Geodesia geométrica**
- El segundo, de carácter dinámico, mediante la determinación de su campo gravitacional; implica, la observación del campo gravitacional; hablamos de **Geodesia física**.

2.2 EL ELIPSOIDE DE REVOLUCIÓN

La forma de la tierra se asemeja a un globo esférico comprimido en el eje polar y ligeramente abultado en el ecuador, a este cuerpo se le conoce como elipsoide achatado o elipsoide de revolución, el cual es muy empleado en los cálculos matemáticos que se aplican en Geodesia.

Un elipsoide de revolución está definido por los parámetros siguientes:

- Semi Eje Mayor (a)
- Semi Eje Menor (b)
- Achatamiento (f)
- Excentricidad (E)



Semiejes a y b , también se define por a y

Excentricidad lineal E $E = \sqrt{a^2 - b^2}$

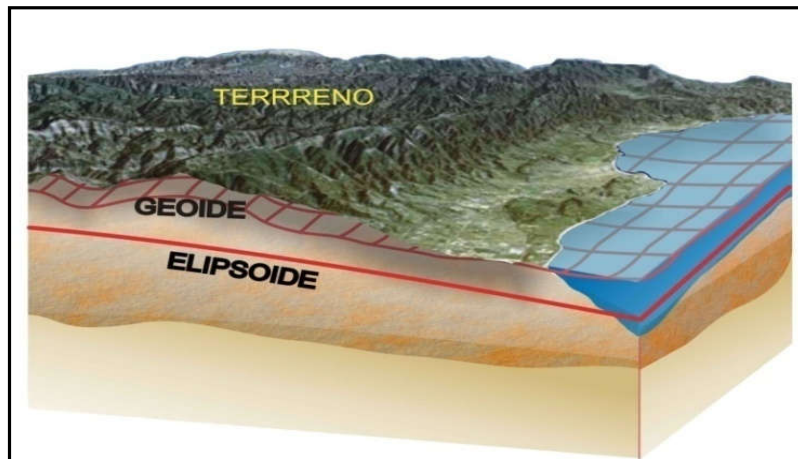
Aplanamiento f $f = \frac{a - b}{a} = 1 - \frac{b}{a}$

Primera excentricidad e^2 $e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} = \frac{E}{a}$

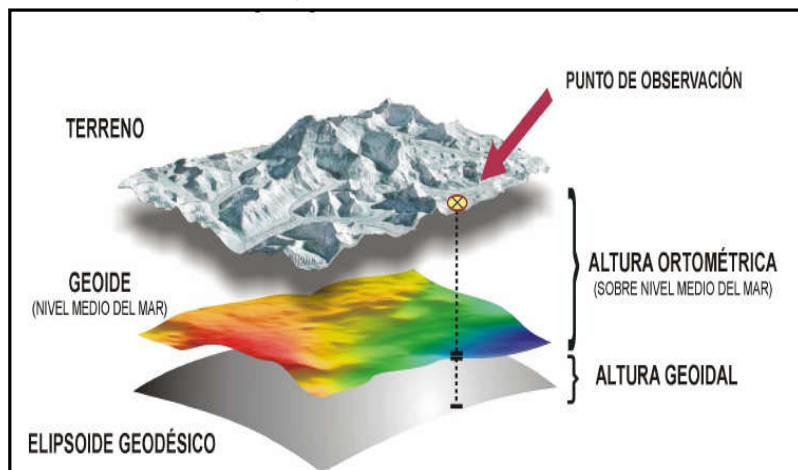
Segunda excentricidad e'^2 $e' = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{b} = \frac{E}{b}$

2.3 EL GEOIDE

El Geoide es un modelo físico que busca representar la verdadera forma de la tierra calculándola como una superficie de potencial de gravedad constante, es irregular debido a los efectos de variación en la densidad y distribución de masas de la Tierra, obedece de manera directa a los cambios en el campo de gravedad. Esta superficie irregular se utiliza convenientemente como la referencia para determinar la altura o elevación del terreno. La distancia vertical entre un punto cualquiera sobre el terreno y el geoide se denomina altura ortométrica y puede ser entendida como altura sobre el nivel medio del mar (H) en este sentido el geoide es parte fundamental de sistema de alturas.



Elipsoide, Geoide y Terreno



Superficie y Altura Ortométrica

El geoide es la superficie de referencia para las alturas físicas (alturas ortométricas), así como la superficie equipotencial del campo de gravedad



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

terrestre que más se aproxima al nivel medio de los mares en reposo en una época determinada (la observación del nivel del mar durante cierto período por 18,6 años). Las alturas medidas desde el geoide hasta la superficie terrestre se conocen como alturas ortométricas y se miden sobre la vertical del lugar o vertical astronómica.

El geoide es representado mediante la separación que mantiene el mismo con respecto a un elipsoide de referencia, esta separación se conoce con el nombre de ondulación geoidal, la cual puede tomar valores positivos o negativos. Sus magnitudes varían entre -2 m y +2 m a nivel global.

El nivel medio del mar usado como referencia para la definición de las alturas usadas actualmente NO coincide con el geoide. Existen omisiones de los cambios del nivel del mar en función de la ubicación geográfica y de los cambios del nivel del mar en función del tiempo.

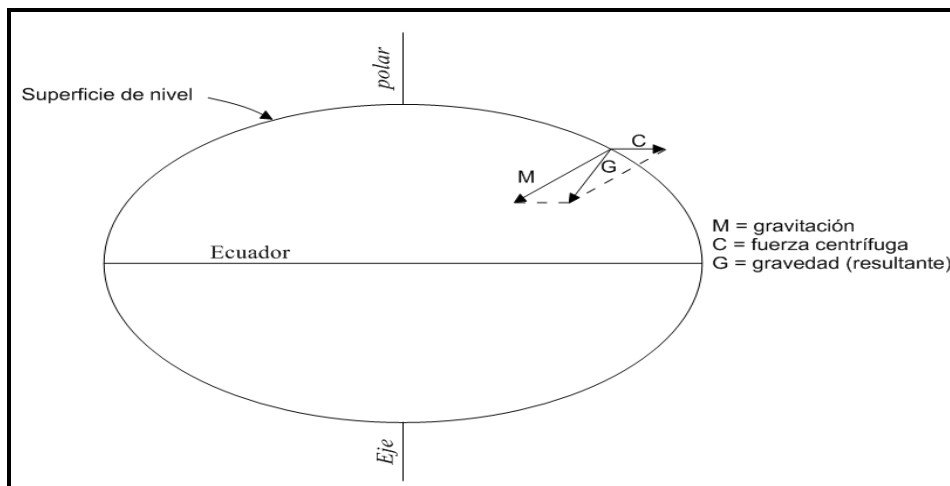
La determinación del geoide implica un conocimiento de la distribución de masas del planeta, lo cual representa un inconveniente debido a que el interior del planeta presenta una estructura compleja y difícilmente explorable.

Así mismo, el nivel registrado en un mareógrafo de referencia durante el período de definición, no es el mismo que se registraría si se tomara otra época para definir la altura cero en ese mismo mareógrafo.

Por este motivo se han desarrollado diversas técnicas para su determinación y en la actualidad se continúa indagando sobre nuevas posibilidades para su representación.

2.4 LA GRAVEDAD

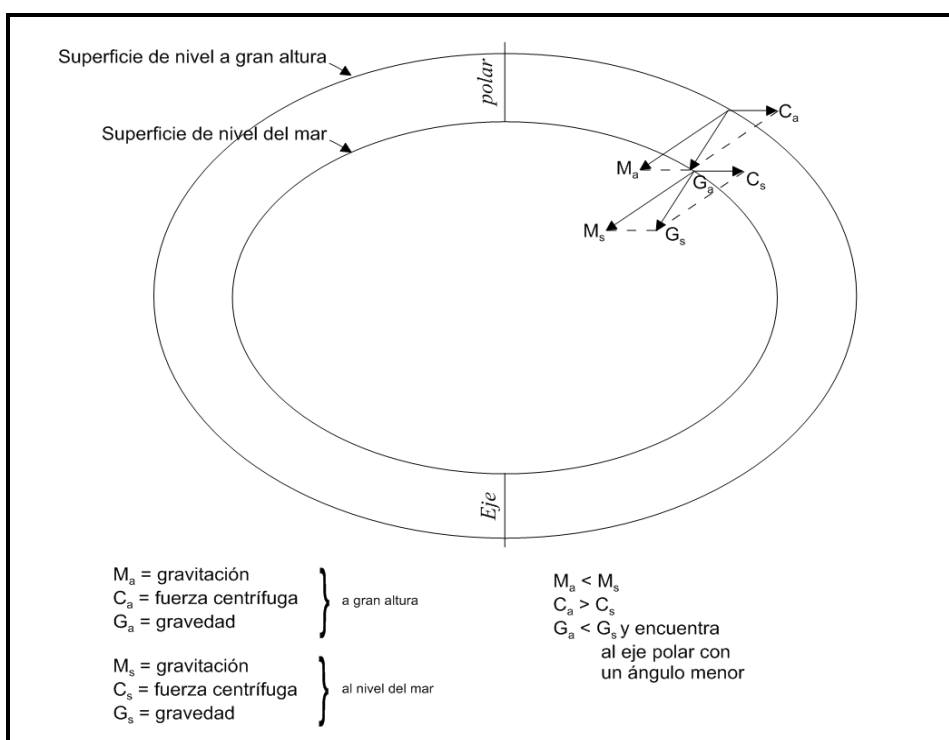
La gravedad es el resultado de sumar dos fuerzas que actúan sobre un cuerpo en la superficie terrestre, la fuerza gravitacional y la fuerza centrífuga. La fuerza gravitacional relacionada con la atracción que se produce entre dos cuerpos y que se explica mediante la Ley de Gravitación Universal de Newton; y la fuerza centrífuga que se genera por el movimiento de rotación terrestre y es siempre perpendicular al eje de rotación.



Dirección de la gravedad

2.5 MÉTODOS PARA OBTENCIÓN DEL GEOIDE

La determinación del geode consiste en encontrar aquella superficie equipotencial del campo de gravedad terrestre que mejor de aproxime al nivel medio de los mares. El campo de gravedad terrestre cuenta con infinitas superficies equipotenciales, de las cuales solo una de ellas será considerada por convención como la superficie de referencia para las alturas físicas en el planeta.



Diferentes efectos de la gravitación



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

La dificultad en el cálculo del potencial de la gravedad terrestre está en el desconocimiento de la distribución de densidades en el interior del planeta, y para dar solución a esta limitante, se han implementado diversos métodos para la obtención del geoide, entre los más importantes se encuentran los métodos gravimétricos, modelos geopotenciales del geoide, el método geométrico, entre otros.

El método gravimétrico para la obtención del geoide se basa en el cálculo de la integral de Stokes mediante la medición de anomalías de la gravedad; los modelos geopotenciales del geoide por su parte combinan información satelital e información gravimétrica en superficie para desarrollar el potencial gravitacional en series de armónicos esféricos (Hofmann y Helmut, 2005).

2.6 RED DE NIVELACIÓN NACIONAL

El datum vertical en el Perú, tiene su origen en el mareógrafo de La Punta – Callao, y mediante nivelación geométrica de alta precisión se distribuyó a nivel nacional mediante líneas y circuitos de nivelación que se encuentran densificados dentro del ámbito del territorio nacional a lo largo de las vías de comunicación terrestre, los mismos que constituyen bienes del Estado.

Las alturas niveladas con que cuenta la red de nivelación nacional, presentan discrepancias con respecto a alturas determinadas mediante redes de nivelación de otros países, explicándose este hecho por estar referida la red de nivelación nacional a un datum local, además es necesario señalar que en el Perú aún no se encuentra establecido un sistema de alturas que esté referido a una superficie equipotencial, en un futuro el sistema de referencia vertical en el país estará orientado al cálculo de números geopotenciales, con lo cual se conseguiría el establecimiento de un sistema de alturas reales.

Así mismo en el Continente Sudamericano, existen tantos sistemas de alturas, como mareógrafos de referencia, como una multiplicidad de niveles de referencia.

La superficie de referencia (en mareógrafos) de los sistemas de alturas existentes no está sobre el mismo nivel, los cuales difiere temporalmente (cambios en el tiempo) por mareas, presión de la atmósfera, temperatura permanentemente (por la topografía del mar), por corrientes (p.ej. Humboldt), densidad del agua (salinidad, temperatura), entre otros.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Las redes verticales son ajustadas línea por línea o circuito por circuito. Si un punto forma parte de dos líneas de nivelación ajustadas independientemente, tiene valores de altura diferentes.

En consecuencia, se tienen inconvenientes de los sistemas de alturas existentes, tales como:

- Diferentes mareógrafos (inconsistencias en el rango de 2 m)
- Nivelación geométrica sin reducción gravimétrica (o con diferentes reducciones, incertidumbres hasta de 1,20 m)
- Diferentes épocas de medición (movimientos verticales asumidos como errores de observación, magnitudes hasta varios decímetros)
- Estáticos (omisión de las variaciones temporales)

El sistema de referencia geométrico (ITRS/ITRF, SIRGAS y sus densificaciones nacionales) es consistente en un orden de precisión de 10^{-9} .

Los sistemas de alturas (físicas) existentes son compatibles entre sí solamente en el orden 10^{-6}



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

RED DE NIVELACIÓN NACIONAL DE ALTA PRECISIÓN (NAP)





Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Capítulo

3

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LEVANTAMIENTOS GEODESICOS VERTICALES

3.1. Nivelación

La nivelación es el proceso a través de métodos u operaciones de medición de elevaciones o altitudes de los diversos puntos del terreno referidos sobre una superficie de la tierra considerada como referencia considerada como cero y corresponde al nivel medio del mar. En varios puntos del territorio se establecen puntos de elevación referidas a dicha superficie con aproximación hasta el milímetro, y la determinación y localización de cada una de las elevaciones están a cargo del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Los trabajos altimétricos, o nivelaciones de terrenos, tienen por objeto determinar la altura de sus puntos sobre una superficie de nivel, que se toma como superficie de comparación y se denominan cotas. La cota de un punto está referida al nivel del mar (altitud), denominado el Marco de Referencia Vertical. En todo trabajo ha de partirse de un punto de origen de altitud conocida o de una cota arbitraria.

En la nivelación, las superficies de nivel se consideran esféricas. Donde se debe tener presente los errores de esfericidad y de refracción y que los mismos estén contenidos dentro de las tolerancias exigibles.

Existen varios métodos para determinar las elevaciones o altitudes. El más usado para obtener el desnivel entre dos puntos es el denominado “nivelación geométrica o por



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

alturas”, también puede utilizarse la “nivelación trigonométrica o por pendientes”, la “nivelación satelital” y, por último, la nivelación “barométrica”. De todas ellas, la más importante es la nivelación geométrica o por alturas y la más imprecisa la barométrica, que hoy en día se encuentra en desuso.

En nuestro País la Red de Nivelación Nacional tiene como referencia el nivel medio del mar y los valores relacionados al campo de la gravedad. Se toma como Marco de Referencia Vertical al mareógrafo de La Punta – Callao (NMMLP).

3.1.1. Precisión y Exactitud

Precisión es el grado de perfección utilizado en los instrumentos (calibración constante) los métodos, las observaciones y la exactitud es el grado de acercamiento al valor real del resultado obtenido.

3.1.2. Valores

Son números que pueden ser comparados, analizados e interpretados. El valor verdadero o absoluto de una magnitud no podrá conocerse nunca, ya que toda medida está sujeta a un sin número de errores, mucho de los cuales no controlables.

El valor más probable de una magnitud es la media aritmética de las mediciones hechas y siempre que estas se hayan realizado bajo las mismas condiciones de precisión.

3.1.3. Errores

Ninguna medida es exacta, toda magnitud observada o medida contiene errores. Se entiende que los valores de las mediciones que entran en el cálculo están ya libres de los errores materiales y los errores sistemáticos.

Una de las misiones más importantes es la de mantener las mediciones dentro de ciertos límites de precisión, impuestos por la clase y la finalidad del levantamiento.

Los errores aparentes, residuales o simplemente residuos es la diferencia de los valores medidos de una magnitud con el valor más probable o media aritmética de dichos valores. Estos residuos se emplean como términos de comparación para evaluar el grado de precisión de las observaciones y, el error medio cuadrático (M) de una observación es:



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

$$M = \pm \sqrt{(v^2) / n-1}$$

Y el error medio cuadrático de la media aritmética de las observaciones es:

$$M_o = \pm \sqrt{(v^2) / n (n-1)}$$

Algunas veces hay que hallar el valor más probable de una serie de observaciones que tienen diferente precisión. Se llama peso al valor relativo de una observación. La teoría de errores da para la media aritmética pesada la fórmula:

$$M_p = m_1p_1 + m_2p_2 + \dots / p_1 + p_2 + \dots$$

La fórmula para los errores medios cuadráticos es en este caso:

$$M = \pm \sqrt{2(v^2) / n-1}$$

$$M_o = \pm \sqrt{p(v^2) / p (n-1)}$$

3.1.3.1. Causas de los errores

Los errores proceden de tres causas principales:

a) Errores Instrumentales

Son las imperfecciones en la construcción y ajustes de los instrumentos de medida y las expansiones y contracciones que puede sufrir el material de fabricación.

b) Errores Naturales

Son las variaciones de ciertos fenómenos naturales, como la temperatura, el viento, la humedad, la gravedad, la refracción y la declinación magnética.

c) Errores Personales

Proviene de la imperfección de los sentidos y de las distracciones o equivocaciones.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

3.1.3.2. Tipos de errores

Los errores son de tres tipos generales:

a) Error material o equivocación

Tiene su origen en la mente del observador y se debe generalmente a una falta de atención, proporcionando una falsa determinación de un valor. En la actualidad con los instrumentos digitales se está eliminando este tipo de error.

b) Error constante o sistemático

Son los que modifican el resultado de la medición, casi siempre en el mismo sentido, es un error que, bajo las mismas condiciones, será siempre del mismo valor y signo. Los errores sistemáticos pueden encontrarse solamente conociendo las condiciones que lo crearon; esto los hace engañosos y, por tanto graves.

En las capas atmosféricas próximas a la superficie terrestre, que es donde se trabaja con las líneas de nivel, existen frecuentemente variaciones considerables en el coeficiente de refracción del aire, se debe evitar la nivelación a lo largo de pendientes continuas cuando existe evaporación rápida, cuando la temperatura del aire cambie, cuando la tierra está a temperatura diferente del aire y cuando hay partículas muy pequeñas de polvo, cenizas, arcilla o arena en suspensión.

Las longitudes horizontales de las visuales de frente y de espalda en cada posición del instrumento deben ser iguales, eliminándose así el efecto de cualquier error residual en el ajuste del instrumento, el efecto de la curvatura de la tierra y el efecto de la refracción constante.

c) Error fortuito o accidental

Son los que se ha encontrado después de haber eliminado todos los errores materiales y sistemáticos.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

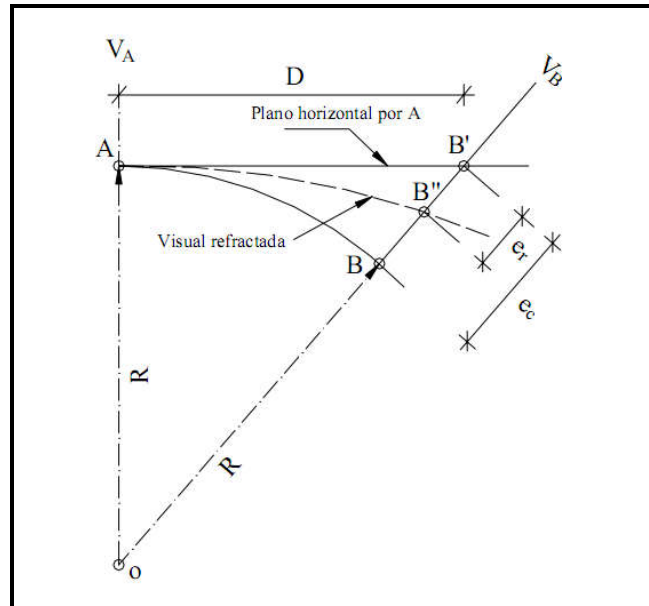
A este tipo de error se le conoce también como errores compensables, porque tienden a anularse parcialmente entre sí en una serie de medidas, y es la diferencia entre el verdadero valor de la cantidad y una determinación que está libre de equivocaciones y de errores sistemáticos. En nivelación se dan tres importantes errores accidentales: (1) centrado de la burbuja, (2) lectura de la mira y (3) variaciones de la refracción atmosférica. El efecto del primero es proporcional a la longitud de la visual. El efecto del segundo se va eliminando por ser una medida que no interviene el criterio humano (instrumento digital), y el efecto del tercero aumenta con la longitud de la visual.

3.1.3.3. Correcciones

El cálculo de los desniveles se efectúa considerando a la tierra como plana y una atmósfera ideal, sin embargo se debe tener en cuenta la esfericidad de la tierra y la atmósfera real, por lo que se deben realizar las siguientes correcciones:

Correcciones por curvatura y refracción

Aceptando la simplificación sobre la forma de la tierra, debemos estimar el efecto que la misma tiene en el proceso de nivelación. Como se puede observar en la figura 3.1, una visual horizontal lanzada desde el punto A se aleja de la superficie de la tierra en función de la distancia horizontal D, por lo que el efecto de la curvatura de la tierra ec , será la distancia BB'.



Representación de los efectos de curvatura y refracción

Aplicando el teorema de Pitágoras tenemos

$$(R + e_c)^2 = R^2 + D^2$$

$$R^2 + 2Re_c + e_c^2 = R^2 + D^2$$

$$e_c = \frac{D^2 - e_c^2}{2R}$$

Tomando un valor de $R = 6\,370$ km, y considerando una distancia horizontal de unos 2 Km., la magnitud del efecto de curvatura resulta un valor pequeño por lo que $e_c^2 \cong 0$ por ser un infinitésimo de orden superior, la ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$e_c = \frac{D^2}{2R}$$

La atmósfera está constituida por una masa de aire dispuesta en estratos de diferentes densidades, considerados constantes para cada estrato e iguales a la densidad media del aire del estrato

considerado, la refracción atmosférica desviará la visual lanzada desde A describiendo una línea curva y generando el efecto de refracción (e_r), tal y como se muestra en la figura 3.1

El efecto de refracción depende de la presión atmosférica, temperatura y ubicación geográfica, pero se puede admitir, para simplificar el problema, como función directa de la curvatura terrestre.

$$e_r = K \cdot e_c$$
$$e_r = K \frac{D^2}{2R}$$

K representa el coeficiente de refracción el cual tiene un valor promedio de 0.16 (16 mm por kilómetro)

Se puede observar en la figura 3.1 que el efecto de refracción contrarresta el efecto de curvatura, por lo que el efecto o error total de curvatura y refracción (e_{cr}) se determina según la siguiente expresión:

$$e_{cr} = e_c - e_r = \frac{D^2}{2R} (1 - K)$$
$$e_{cr} = \frac{D^2}{2R} (1 - K)$$

Los trabajos a realizarse dependerán de la precisión que se desee obtener y de la apreciación de los instrumentos a utilizar en las operaciones de nivelación.

Comprobación del nivel

Aunque el nivel haya sido ajustado cuidadosamente, existirá siempre un error residual. Cuando una visual de frente y otra de espalda



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

difieren mucho en longitud, debe hacerse la corrección correspondiente a este error.

El efecto de este error en la lectura de una mira varía con la distancia desde el instrumento, por lo que debe determinar la corrección.

3.1.4. Estadística

Cuando una cantidad se mide un cierto número de veces con la misma precisión, los errores tienden a diferenciarse.

La determinación ha de consistir en la selección de una serie de cantidades entre las que esté comprendida la cantidad medida. Los límites de precisión se pueden definir como intervalo dentro del cual se puede situar correctamente el valor de la cantidad.

3.1.4.1. Media aritmética

Es el tipo más comúnmente usado, el cual es el promedio estándar.

Media = (suma de valores) / (número de valores)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

3.1.4.2. Desviación Estándar

Es una medida de dispersión. Sirve para medir la dispersión alrededor de un promedio.

$$S^2 = \sqrt{\frac{S(y_i - x)^2}{N}}$$

3.1.5. Sistemas de altitudes



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Existen diferentes sistemas para determinar las altitudes. Una de ellas es la superficie del nivel del mar, la cual es empleada como superficie altimétrica de referencia.

El nivel medio del mar no es tan fácil de definir ni determinar, y para obtener un nivel correcto se tomarían datos con un mínimo de 18 años de registro.

Otra es la cota geopotencial, que sustituye el desnivel por la diferencia de potencial gravimétrico y que no tiene una dimensión de distancia.

Se tienen los siguientes sistemas de altitud:

3.1.5.1. Altitud Aproximada

Se obtienen sin considerar el efecto del campo de gravedad terrestre, y es el inicio de las altitudes en otros sistemas.

$$h_M = \sum_O^M dh$$

3.1.5.2. Altitud Ortométrica

Se llaman altitudes ortométricas a las distancias desde la superficie del geoide hasta los puntos de la superficie terrestre, medidas a lo largo de las líneas de la plomada que pasan por esos puntos.

Las altitudes ortométricas pueden tener diferentes valores para puntos que están ubicados en una misma superficie de nivel, puesto que las distancias desde el geoide hasta la superficie de nivel de dicho punto no son necesariamente constantes y dependen de la fuerza de gravedad. Su expresión está dada por:

$$H_M = \frac{\sum_O^M g dh}{g_{med}}$$

Donde g_{med} es el valor medio de la gravedad desde el punto al geoide.

Las altitudes ortométricas no pueden ser calculadas exactamente, ya que la magnitud de la gravedad en el interior de la Tierra depende de su densidad, la cual no es bien conocida y se utilizan varios

procedimientos (fórmula de reducción de Poincaré y Prey, fórmula de Helmert o reemplazar el terreno por una lámina de Bouguer de densidad constante y altura H medida en km.) y cuando necesitamos mayor precisión hay que aplicar parámetros más rigurosos.

3.1.5.3. Altitud Normal

Es similar a la altitud ortométrica, con la diferencia de usar como superficie de referencia el cuasi geoide (que no es equipotencial) en vez del geoide, y a la gravedad normal en vez de la gravedad real, su expresión está dado por:

$$H_M^* = \frac{\sum_O^M g dh}{\gamma_m}$$

$$\gamma_m = \frac{1}{H^*} \int_0^{H^*} \gamma dh$$

3.1.5.4. Altitud Dinámica

Se obtienen por la diferencia en relación con la gravedad media, dado como un valor fijo sobre una latitud estándar de 45° al nivel del mar, cuyo valor en el elipsoide internacional es de 980,6294 Gales. Las altitudes dinámicas difieren de las cotas geopotenciales sólo en escala y unidad, ya que el empleo de este valor de gravedad únicamente convierte la cota geopotencial en una longitud, su expresión está dado por:

$$H_M^D = \frac{\sum_O^M g dh}{980,6294}$$

$$g_\phi = 9.780327 (1 + 0.0053024 \sin^2 \phi - 0.0000058 \sin^2 2\phi) \text{ m/s}^2$$

Donde:

g_ϕ = aceleración de la gravedad en $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ en la latitud: ϕ

1 Gal = $0,01 \text{ m s}^{-2}$



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

La aproximación habitual del valor de la gravedad media es de $9,8 \text{ m-s}^{-2}$. Pero esto solamente es una aproximación al valor real. La gravedad realmente varía principalmente con el tiempo, con la latitud y con la longitud.

Entre los Polos y el Ecuador la variación es entre $9,83$ y $9,78 \text{ m-s}^{-2}$, respectivamente.

Con la altura, la gravedad disminuye en la proporción aproximada de 1 mili Gal cada tres metros o 300 micro Gales por metro.

3.1.6. Modos de nivelación

Existen diferentes modos para realizar una nivelación, y estas son:

3.1.6.1. Nivelación Geométrica

La nivelación geométrica consiste en medir diferencias de altitud entre dos puntos separados unos pocos metros por medio de la diferencia de lecturas directas hechas sobre dos reglas graduadas (miras) situadas en ellos, con un instrumento perfectamente horizontal situado en el punto medio.

3.1.6.2. Nivelación Trigonométrica

Mediante este sistema se determinan los desniveles a través de la medición de ángulos verticales y las distancias entre los puntos a nivelar. Se puede determinar con una estación total y un bastón con prisma.

Este tipo de nivelación se utiliza principalmente en terrenos con pendientes muy pronunciadas.

3.1.6.3. Nivelación Satelital

El sistema de posicionamiento global GNSS puede ser empleado en la extensión del control vertical sobre aquellas zonas donde no se cuenta con puntos de nivelación. Puede realizarse en diferentes tiempos, condiciones climáticas y del relieve que permitan que el sistema GNSS, unido a un modelo geoidal de alta resolución, sea una herramienta poderosa y económica en la determinación de nuevos puntos de referencia para propósitos topográficos que no requieran exactitud. Hoy en día podemos hablar de la nivelación con



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

GNSS dado a los avances tecnológicos alcanzados. Se puede determinar con post procesamiento elevaciones referidas a un modelo geoidal, pero su precisión va a depender del número de satélites que se encuentren disponibles en ese momento y lugar. Por los tipos de trabajo desarrollados comúnmente y puede servir como complemento a la nivelación para corroborar datos. Se observan directamente altitudes referidas al elipsoide WGS 84, que precisan ser transformadas en base al conocimiento de la ondulación del geoide.

3.1.6.4. Nivelación Barométrica

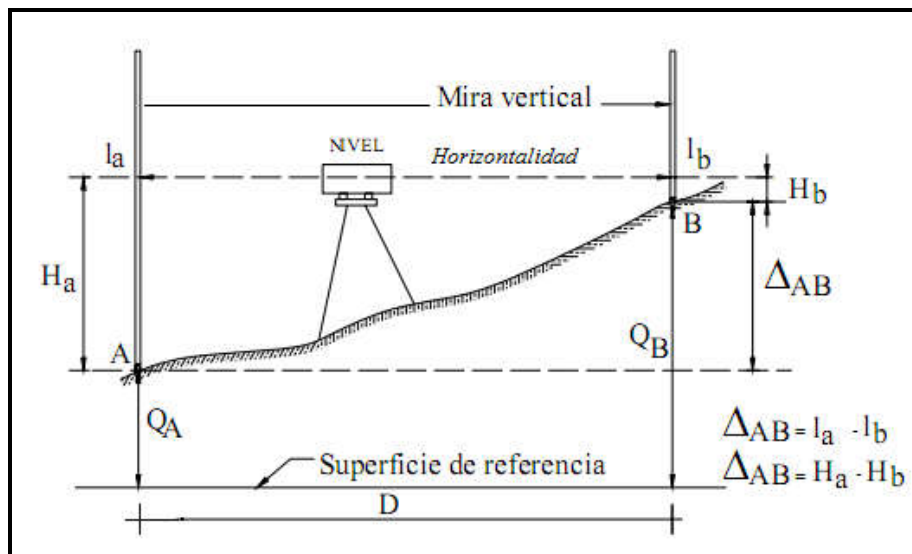
En esta nivelación se determina la diferencia de nivel, por medio de un altímetro barométrico, es un método suelto, puesto que la diferencia de altura existente entre dos puntos se puede medir aproximadamente de acuerdo con sus posiciones relativas bajo la superficie de la atmósfera, con relación al peso del aire o presión atmosférica gravitante sobre ellos. La presión al nivel del mar es de 761 mm. Hg Cada 100 m. de altura la presión atmosférica varía de 0'7 a 1'0 cm. de columna de Hg. Este modo es el más impreciso y resulta útil sólo en reconocimientos.

3.2. Tipos de nivelación

Se tienen dos tipos de nivelación, la directa y la indirecta:

3.2.1. Nivelación Directa (Geométrica ó Diferencial)

Para realizar este tipo de nivelación se utilizan los niveles ópticos o digitales, que dirigen visuales horizontales y la precisión de las mediciones efectuadas dependerá, fundamentalmente, de las características del instrumento empleado. Los niveles permiten determinar la distancia y los ángulos horizontales. La nivelación geométrica mide la diferencia de nivel entre dos puntos a partir de la visual horizontal lanzada desde el nivel hacia las miras colocadas en dichos puntos.



Esta nivelación se emplea generalmente en todo tipo de terreno, además de ser el más recomendable es el único que elimina los errores sistemáticos del nivel, incluso los de defectuosa corrección, esfericidad y refracción.

Esta nivelación se puede realizar de dos maneras:

3.2.1.1. Nivelación Geométrica Simple

En las nivelaciones geométricas simples, se considera una posición instrumental, y cuando el desnivel a medir se determina con una única observación.

3.2.1.2. Nivelación Geométrica Compuesta

En las nivelaciones compuestas o de itinerario altimétrico, se considera más de una posición instrumental por lo que son una repetición de nivelaciones geométricas simples, formando una línea de nivelación, estas se dividen en:

A) Nivelación Geométrica Compuesta Sencilla

Es una nivelación en la que se aplica para ir desde un punto a otro punto, en un solo recorrido. Solo se aplica este método conociendo la altitud de los puntos inicial y final. Este método tiene el objetivo de dotar de altitudes a puntos intermedios distribuidos a lo largo de la línea.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Es necesario que estos puntos fijos para permitir la comprobación del trabajo y la localización de errores.

El error de cierre altimétrico de la nivelación deberá ser menor que la tolerancia indicada en cada precisión. Cumpliéndose esta condición se procederá a efectuar la compensación, caso contrario se repetirá la nivelación.

B) Nivelación Geométrica Compuesta Doble

Se efectúa la nivelación en dos sentidos: una nivelación de ida, concluida la nivelación de ida, se inicia la de retorno. En este método existen dos tipos: Abierta y cerrada.

B.1) Línea de Nivelación Abierta

Son aquellas en la que partimos de un punto conocido y terminamos en otro punto no conocido o arbitrario. El error de cierre altimétrico entre la ida y el regreso de la nivelación debe ser menor que la tolerancia indicada.

B.2) Línea de Nivelación Cerrada

Son aquellas en la que partimos de un punto conocido y terminamos en el mismo punto u otro que se encuentre enlazada la red de control vertical (comprobada).

El error de cierre altimétrico entre la ida y regreso de la nivelación debe ser menor que la tolerancia indicada. Normalmente este método se aplica para dar cota o altitud a otro punto.

3.2.2. Nivelación Indirecta (Ordinaria)

En este tipo de nivelación, están las nivelaciones trigonométricas (o por pendientes), satelitales y barométricas.

Para realizar este tipo de nivelación se utilizan equipos o instrumentos según sea el caso, los cuales son dados de la siguiente manera:

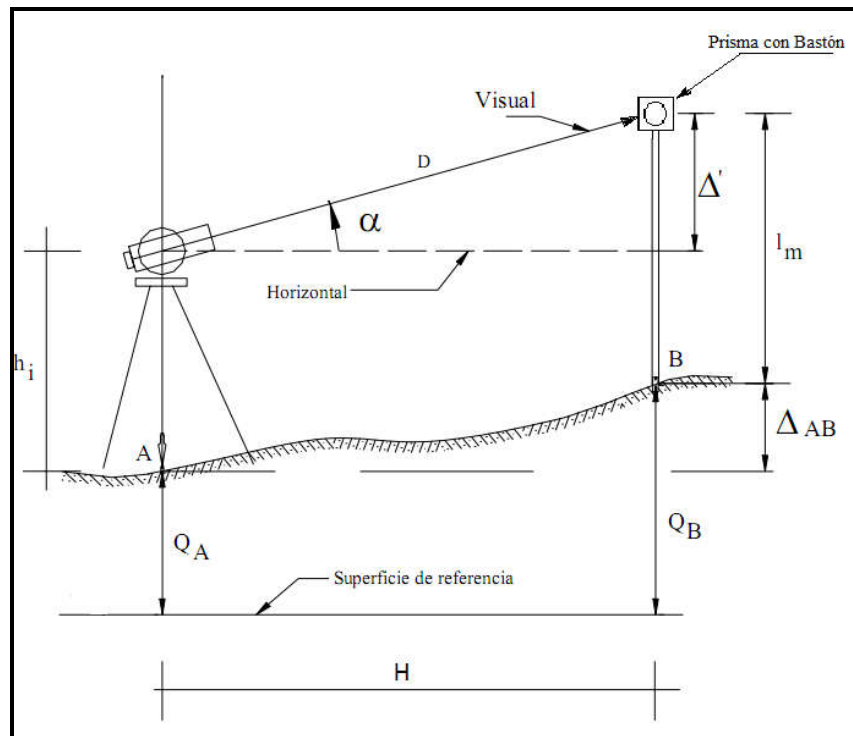
3.2.2.1. Nivelación Trigonométrica (ó por pendientes)

Este método utiliza ángulos verticales para la determinación del desnivel entre dos puntos.

Para realizar este método es primordial utilizar estaciones totales. Las características de las mismas están definidas en las normas ISO 1900, generalizadas en:

- Distanciómetro de infrarrojos:
 - Alcance: 2 000 m.
 - Precisión: 1 mm \pm 1.5 ppm
- Estación total:
 - Sensibilidad: 30^{cc}
 - Aumentos: 30 x

Las ecuaciones generales utilizadas en la nivelación trigonométrica se pueden deducir de la siguiente manera:





Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

$$\Delta_{AB} = D \operatorname{sen} \alpha + (1 - K) \left[\frac{(D \cdot \cos \alpha)^2}{2R} \right] + (h_i - l_m)$$

En donde:

Δ_{AB}	=	Desnivel entre A y B
D	=	Distancia inclinada (en m.)
α	=	Angulo vertical de elevación
R	=	Radio de la tierra
(Ecuador	=	6 378 137 m.)
(Polo	=	6 356 752 m.)
K	=	Refracción de Gauss (0.16)
h_i	=	Altura del instrumento
l_m	=	Altura del prisma

El ángulo vertical se mide con una estación total.

El método de nivelación trigonométrica o por pendientes es de utilidad, cuando los puntos entre los que se desea conocer el desnivel se encuentran alejados pero existe visibilidad entre ellos, siendo de gran aplicación en terrenos montañosos. Este método de nivelación es menos preciso que el de la nivelación Geométrica. Para realizar una nivelación Trigonométrica es necesario que la estación total tenga un bastón de medición de altura de instrumento incorporado o poseer un dispositivo de medición de altura de equipo y que el bastón del prisma se nivele con un trípode fijo, además se debe tener convenientemente materializados y señalizados los puntos a desnivel.

Esta nivelación se realiza de tres maneras:

A. Nivelación Trigonométrica Simple

Es cuando el desnivel a medir se determina con una única observación.

B. Nivelación Trigonométrica por Estaciones Recíprocas

Se efectúa la nivelación en un tramo de la línea de nivelación. Se mide el punto opuesto y después se mide el punto inicial. El desnivel entre ambas mediciones, si están de acuerdo a la precisión, será determinado por la semidiferencia:

$$\Delta H_A^B = \frac{\Delta H_A^B + (-\Delta H_B^A)}{2}$$

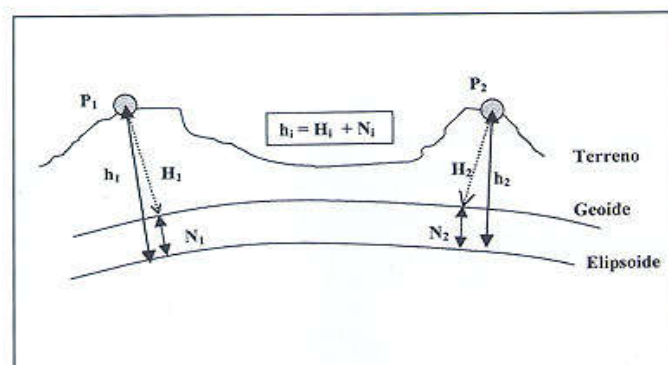
C. Nivelación Trigonométrica por Estaciones Recíprocas Compuesta

Son una repetición de nivelaciones trigonométricas por estaciones recíprocas aplicadas a una poligonación sea abierta o cerrada

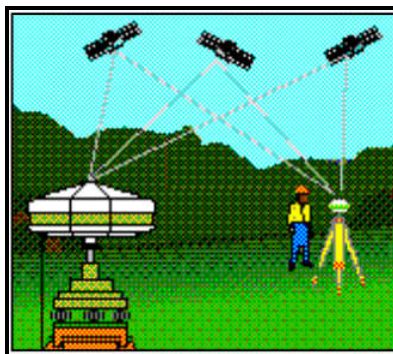
El error de cierre deberá ser menor que la tolerancia indicada en la precisión. Cumpliéndose esta condición se procederá a efectuar la compensación, caso contrario se repetirá la nivelación.

3.2.2.2. Nivelación Satelital GNSS

La nivelación con GNSS presenta una gran incertidumbre en los usuarios, debido a las referencias contradictorias que se pueden encontrar en la bibliografía, y porque la superficie de referencia en altimetría es el Geoide, mientras que para el GNSS es el Elipsoide, y ambas superficies no son paralelas.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales



Se tiene un receptor en un punto como estación base de referencia y el otro receptor en diferentes puntos que se irá moviendo más tarde como rover. Ambos receptores van observando señales GNSS. El receptor como rover dispone de un jalón nivelado en la estación. Recibe la señal GNSS y se mueve al siguiente punto. El receptor debe mantener contacto de por lo menos 4 satélites durante todo el movimiento. Este procedimiento se continúa hasta completar sucesivamente todos los puntos deseados en el área de trabajo. Teniendo los datos de observación es posible determinar los incrementos de latitud, longitud y altura de cada una de esos puntos a nivelar.

3.3. Clasificación de la nivelación

3.3.1. Nivelación de Alta Precisión (NAP)

Objetivos y Alcances.

Para una Nivelación de Alta Precisión (NAP), se usará el tipo de nivelación directa (geométrica o diferencial); siendo el procedimiento más refinado que se realiza para llevar la altura o cota de un punto a otro. Esta nivelación, se usa para controles de gran exactitud, encontrando aplicación sólo cuando se presentan problemas especiales de tipo geológico, estructural o de otra índole, en que es necesario determinar con certeza desniveles al milímetro y, eventualmente, apreciar fracciones de milímetros. Esta Nivelación de Alta Precisión (NAP), estará destinada al establecimiento de la Red Geodésica Vertical fundamental del país y a la determinación de valores geopotenciales.

Instrumentos.

Los instrumentos que se usarán en las nivelaciones de alta precisión, son los siguientes:



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Niveles y accesorios.

Los niveles por utilizar serán Digitales reversibles, y que permita, a lo menos, leer directamente a décimas de milímetro.

El anteojo debe tener como mínimo un aumento de 24X.

Debe tener un compensador de péndulo de amortiguación magnética, con control electrónico del rango de inclinación del margen de inclinación $\sim \pm 10'$.

Las correcciones a las mediciones del error de colimación serán automáticas y la corrección a la curvatura terrestre será ajustable.

La sensibilidad en la diferencia de la línea de puntería en campos magnéticos uniforme horizontal con intensidades de $0\mu\text{T}$ a $\pm 400\mu\text{T}$ [4 Gauss] será de $\pm \leq 1''$
La sensibilidad del nivel esférico, para 2 mm de desplazamiento de la burbuja, deberá ser menor o igual que 10 segundos de arco sexagesimales.

Se utilizarán trípodes fijos y si fuere necesario proteger el instrumento con un parasol.

Es recomendable exigir el respectivo certificado de calibración al comprar u obtener los niveles, y una nueva calibración después de 1 año y/o por la frecuencia de uso.

Miras y Accesorios.

Las miras deberán ser de precisión (de invar) con código de barra y de una sola pieza (no plegables).

Para establecer su verticalidad llevarán incorporado un nivel esférico, cuya burbuja tendrá una sensibilidad mayor o igual que $12''/2\text{ mm}$.

Se deberá usar puntales o pies los que minimizan las desviaciones de la mira y permitirá mejorar la exactitud de los resultados.

Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Es recomendable exigir el respectivo certificado de calibración al comprar u obtener las miras, y una nueva calibración después de 1 años y/o por la frecuencia de uso.

Puntos de Apoyo de la Mira.

La mira se apoyará sobre el punto establecido en cada marca de cota fija y en los puntos de cambio; debiendo utilizarse, en estos últimos, un apoyo artificial que garantice la estabilidad necesaria compatible con la precisión de la nivelación que se ejecuta.

Los apoyos artificiales de puntos de cambio de la nivelación pueden corresponder a estacas de fierro o a placas metálicas.

Las estacas de fierro, al permanecer hincadas, tienen la ventaja que permiten comprobar la nivelación todas las veces que se desee. Las placas metálicas (sapos), presentan una superficie de apoyo inalterable, pero una vez retiradas o movidas no es posible reproducir su nivel original.

Exigencias y Tolerancias Permisibles. Las Nivelaciones de Alta Precisión deben cumplir diversas exigencias en cuanto a procedimiento; a la vez que encuadrarse dentro de determinadas tolerancias, tanto por cierres en circuitos simples, como para sucesiones de nivelaciones cerradas.

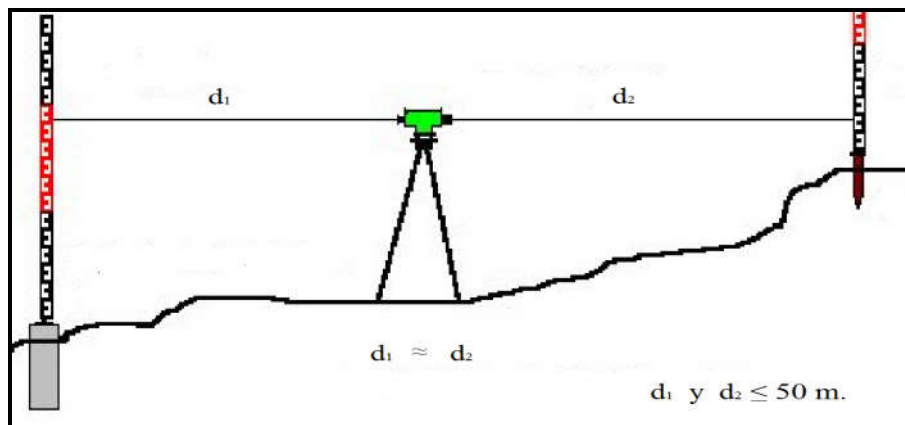
Exigencias.

a) Para la instalación de las miras deberán utilizarse estacas metálicas o placas de apoyo.

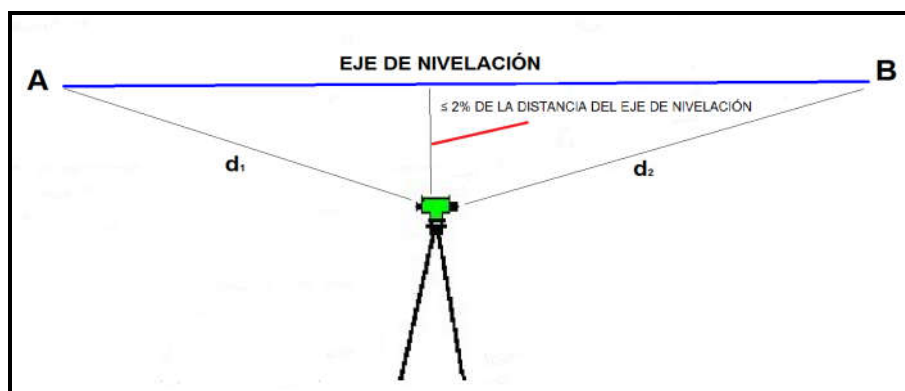


Placas metálicas (sapos)

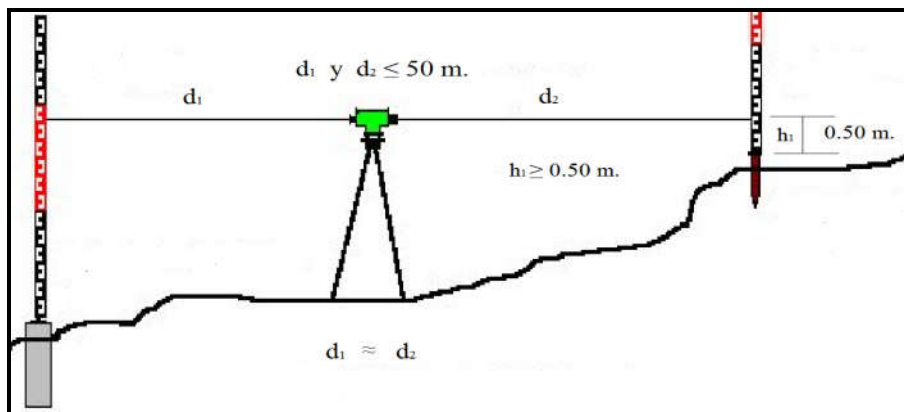
- b) Las distancias entre nivel y mira no deberán exceder de 50 m, y se procurará que sean de la misma distancia, tanto al punto de atrás como al punto de adelante.



- c) El balance general de distancia no excederá de 2 m.
- d) Deberán tratar de seguir los ejes de nivelación, y si fuese necesario no separarse del eje de nivelación en más del 2% de la distancia entre los dos puntos que conforman el eje de nivelación.



- e) Las lecturas se efectuarán con un mínimo de tres lecturas digitales, con el método de EFFE.
- f) Se realizarán sobre líneas de nivelación geométrica compuesta doble cerrada.
- g) Las lecturas sobre la mira se deberán efectuar de manera que en ninguna parte, la visualización pase a menos de 0,5 m de la superficie del terreno, a fin de minimizar errores de refracción.



- h) Si la nivelación se ejecuta con más de una mira, se cuidará de efectuar sobre cada mira igual número de lecturas de atrás que de lecturas de adelante, entre cada par de puntos a los que debe darse cota (marca de cota fija o puntos intermedios).
- i) Los trabajos no se excederán de 4 horas continuas, debido a los factores físicos de fluctuación del planeta.

Tolerancias. Según la forma en que se lleve la nivelación, deberá aplicarse los siguientes criterios de tolerancia:

- a) El error máximo de cierre o tolerancia (T) no debe exceder de:

$$T = 1,5 \text{ mm} \sqrt{K}$$

Donde: K es la longitud del circuito de nivelación expresada en kilómetros.

- b) Si al comparar el error de cierre con la tolerancia y resulta que este es mayor que la tolerancia, se hace necesario repetir la nivelación. En caso de verificarse que el error es menor que la tolerancia se procede a la compensación de la misma.

3.3.2. Nivelación de Precisión (NP)

Objetivos y Alcances.

Para una Nivelación de Precisión, se usará el tipo de nivelación directa (geométrica o diferencial); siendo el procedimiento más refinado que se realiza para llevar la altura o cota de un punto a otro. Esta nivelación, se aplicará en el



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

establecimiento de la red geodésica vertical secundaria a modo de densificación, para el desarrollo de grandes proyectos de ingeniería, en investigaciones de subsidencia del suelo y de movimientos de la corteza terrestre, y para apoyo de levantamientos de menores precisiones.

Instrumentos.

Los instrumentos que se usarán en las nivelaciones de precisión, son los siguientes:

Niveles y accesorios.

Los niveles por utilizar serán Ópticos Automáticos o Digitales reversibles, y que permita, a lo menos, leer directamente a décimas de milímetro.

El anteojo debe tener como mínimo un aumento de 24X.

Debe tener un compensador de péndulo de amortiguación magnética, con control electrónico del rango de inclinación del margen de inclinación $\sim \pm 10'$.

Las correcciones a las mediciones del error de colimación serán automáticas y la corrección a la curvatura terrestre será ajustable.

La sensibilidad en la diferencia de la línea de puntería en campos magnéticos uniforme horizontal con intensidades de $0\mu\text{T}$ a $\pm 400\mu\text{T}$ [4 Gauss] será de $\pm 1''$.

La sensibilidad del nivel esférico, para 2 mm de desplazamiento de la burbuja, deberá ser menor o igual que 10 segundos de arco sexagesimales.

Se utilizarán trípodes fijos y si fuere necesario proteger el instrumento con un parasol.

Es recomendable exigir el respectivo certificado de calibración al comprar u obtener los niveles, y una nueva calibración después de 1 año y/o por la frecuencia de uso.

Miras y Accesorios.

Las miras podrán ser (de invar) con código de barra o estadimétrica (plegable o no).



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Para establecer su verticalidad llevarán incorporado un nivel esférico, cuya burbuja tendrá una sensibilidad mayor o igual que 12"/2 mm.

Se deberá usar puntales o pies los que minimizaran las desviaciones de la mira y permitirá mejorar la exactitud de los resultados.

Es recomendable exigir el respectivo certificado de calibración al comprar u obtener las miras, y una nueva calibración después de 1 años y/o por la frecuencia de uso.

Puntos de Apoyo de la Mira.

La mira se apoyará sobre el punto establecido en cada marca de cota fija y en los puntos de cambio; debiendo utilizarse, en estos últimos, un apoyo artificial que garantice la estabilidad necesaria compatible con la precisión de la nivelación que se ejecuta.

Los apoyos artificiales de puntos de cambio de la nivelación pueden corresponder a estacas de fierro o a placas metálicas.

Las estacas de fierro, al permanecer hincadas, tienen la ventaja que permiten comprobar la nivelación todas las veces que se desee. Las placas metálicas (sapos), presentan una superficie de apoyo inalterable, pero una vez retiradas o movidas no es posible reproducir su nivel original.

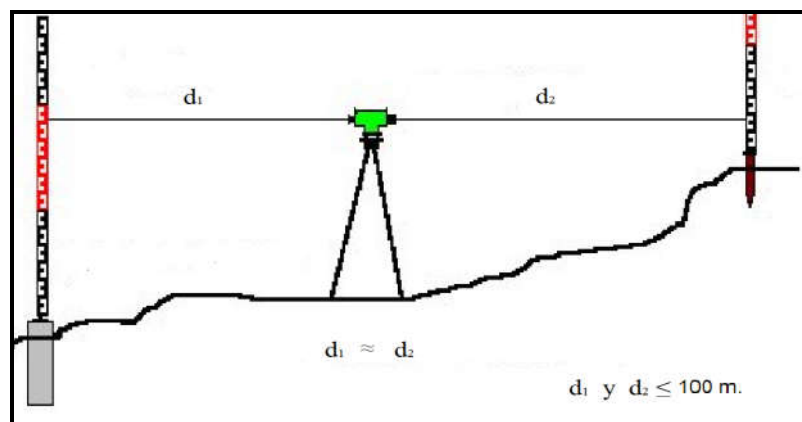
Exigencias y Tolerancias Permisibles. Las Nivelaciones de Precisión deben cumplir diversas exigencias en cuanto a procedimiento; a la vez que encuadrarse dentro de determinadas tolerancias, tanto por cierres en circuitos simples, como para sucesiones de nivelaciones cerradas.

Exigencias.

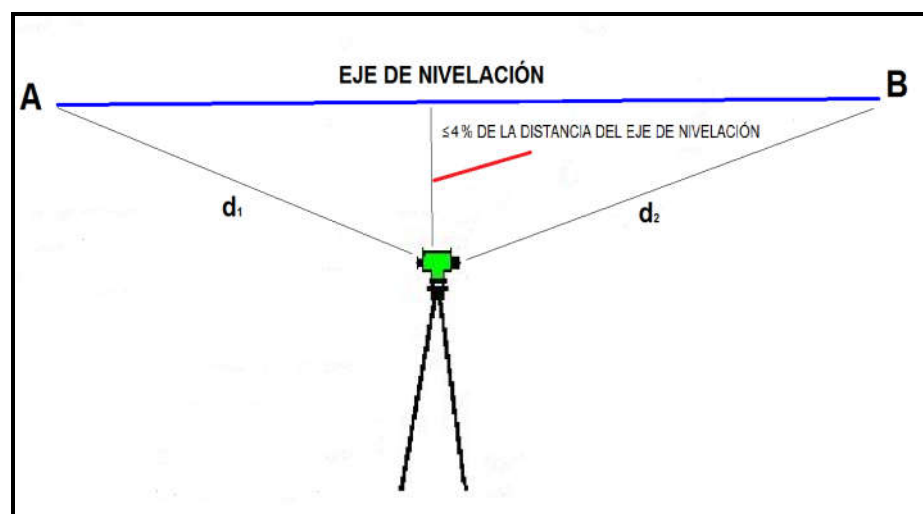
a) Para la instalación de las miras deberán utilizarse estacas metálicas o placas de apoyo.

*Placas metálicas (sapos)*

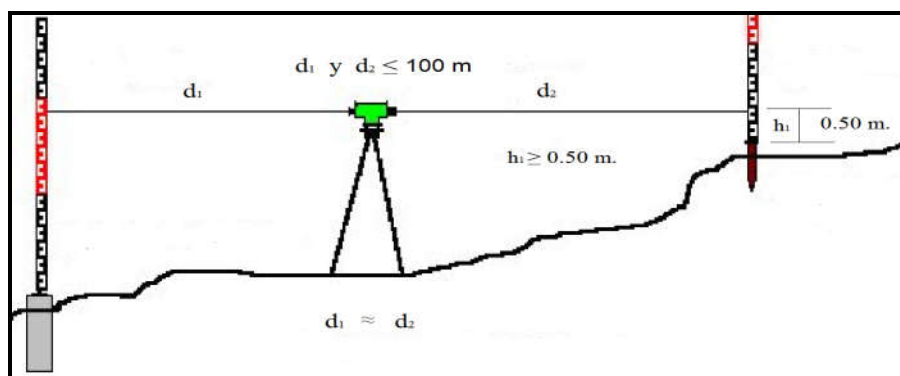
- b) Las distancias entre nivel y mira no deberán exceder de 100 m, y se procurará que sean de la misma distancia, tanto al punto de atrás como al punto de adelante.



- c) El balance general de distancia no excederá de 3 m.
- d) Deberán tratar de seguir los ejes de nivelación, y si fuese necesario no separarse del eje de nivelación en más del 4% de la distancia entre los dos puntos que conforman el eje de nivelación.



- e) Las lecturas se efectuarán con un mínimo de tres lecturas digitales, con el método EF.
- f) Se realizarán sobre líneas de nivelación geométrica compuesta doble cerrada.
- g) Si la nivelación se ejecuta con más de una mira, se cuidará de efectuar sobre cada mira igual número de lecturas de atrás que de lecturas de adelante, entre cada par de puntos a los que debe darse cota (marca de cota fija o puntos intermedios).
- h) Los trabajos no se excederán de 4 horas continuas, debido a los factores físicos de fluctuación del planeta.
- i) Las lecturas sobre la mira se deberán efectuar de manera que en ninguna parte, la visualización pase a menos de 0,5 m de la superficie del terreno, a fin de minimizar errores de refracción.



Tolerancias. Según la forma en que se lleve la nivelación, deberá aplicarse los siguientes criterios de tolerancia:

- a) El error máximo de cierre o tolerancia (T) no debe exceder de:

$$T = 2,5 \text{ mm} \sqrt{K}$$



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Donde: K es la longitud del circuito de nivelación expresada en kilómetros.

b) Si al comparar el error de cierre con la tolerancia y resulta que este es mayor que la tolerancia, se hace necesario repetir la nivelación. En caso de verificarse que el error es menor que la tolerancia se procede a la compensación de la misma.

3.3.3. Nivelación Ordinaria (NO)

Para una Nivelación Ordinaria, se usará el tipo de nivelación indirecta (trigonométrica o satelital); siendo el procedimiento más rápido que se realiza para llevar la altura o cota de un punto a otro.

NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

Objetivos y Alcances

Para una Nivelación Ordinaria Trigonométrica, se usará el tipo de nivelación por estaciones recíprocas compuesta; siendo el procedimiento más utilizado que se realiza para llevar la altura o cota de un punto a otro en zonas muy accidentadas donde no se pueda realizar una nivelación directa.

Esta nivelación, se aplicará en el establecimiento de la red geodésica vertical ordinaria a modo de densificación, para apoyo de levantamientos de menores precisiones.

Instrumentos.

Los instrumentos que se usarán en las nivelaciones trigonométricas, son los siguientes:

Estación Total y accesorios

Es un aparato electro-óptico cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica, cuentan con una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD), leds de avisos, iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro, trackeador (seguidor de trayectoria) y en formato electrónico. Vienen provistas de diversos programas sencillos que pueden determinar la distancia horizontal o reducida, la distancia geométrica, el desnivel, la pendiente en %, los ángulos horizontal y vertical, así como las coordenadas cartesianas X, Y, Z del punto de destino.

Prismas y accesorios



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Estas deben ser de vidrio y circulares, con una precisión de centrado de 0.3 mm y una constante de prisma de 0 mm.

Exigencias y Tolerancias Admisibles. Las Nivelaciones trigonométricas deben cumplir diversas exigencias en cuanto a procedimiento; a la vez que encuadrarse dentro de determinadas tolerancias, tanto por cierres en circuitos simples, como para sucesiones de nivelaciones cerradas.

Exigencias.

a) Realizar un polígono cerrado, y que la suma de sus ángulos internos sean:

$$180^\circ \times (n-2)$$

Donde:

n = número de lados del polígono

b) La estación total tendrá un bastón de medición de altura de instrumento incorporado o poseer un dispositivo de medición de altura de equipo (vertical no inclinado) y que el bastón del prisma se nivele con un trípode fijo o bípode.

c) Las distancias entre estación total y del prisma, no deberán exceder de 1 000 m.

d) Las lecturas de ángulos deberán ser de alta precisión (al segundo).

e) Al leer los ángulos internos estos deben ser los ángulos internos del polígono.

f) Precisión de la distancia de 1 mm + 1.5 ppm.

g) Sensibilidad de nivel circular de 6' /2 mm.

h) Se realizará una nivelación trigonométrica por estaciones recíprocas compuesta.

i) Para la instalación de los puntos de la poligonación deberá utilizarse estacas metálicas.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

- j) Las lecturas se efectuarán con un mínimo de tres lecturas.
- k) Los trabajos no se excederán de 4 horas continuas, debido a los factores físicos de fluctuación del planeta.
- l) Las lecturas sobre el prisma se deberán efectuar de manera que en ninguna parte, la visualización pase a menos de 0,5 m de la superficie del terreno, a fin de minimizar errores de refracción.

Tolerancias. Según la forma en que se lleve la nivelación, deberá aplicarse los siguientes criterios de tolerancia:

- a) El error máximo de cierre o tolerancia (T) no debe exceder de:

$$T = 7,0 \text{ mm } \sqrt{K}$$

Donde: K es la longitud del circuito de nivelación expresada en kilómetros.

- b) Si al comparar el error de cierre con la tolerancia y resulta que este es mayor que la tolerancia, se hace necesario repetir la nivelación. En caso de verificarse que el error es menor que la tolerancia se procede a la compensación de la misma.

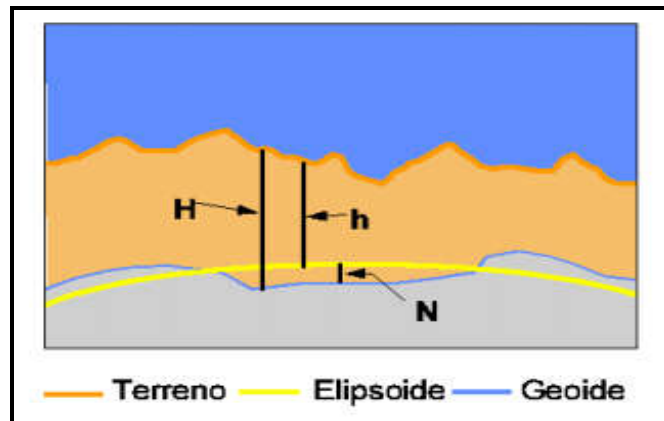
NIVELACIÓN SATELITAL

Objetivos y Alcances.

El sistema GNSS determina diferencias de altura referidas a una superficie de referencia matemáticamente definible (no física) conocida como elipsoide WGS84 (World Geodetic System 1984).

Con los modelos de geoide existentes se pueden calcular las alturas del geoide en cada estación GNSS y calcular la altura ortométrica correspondiente. En la mayoría de los casos las alturas del geoide se calculan en la fase de ajuste de la red de un levantamiento con GNSS, la cual tiene lugar después de terminada la fase de mediciones de campo.

Los datos GNSS se pueden procesar con facilidad para obtener la altura elipsoidal h . Ésta es la altura sobre o bajo un modelo elipsoidal sencillo de la Tierra. La nivelación satelital produce una supuesta altura ortométrica H . Para la transformación entre estos sistemas de alturas, se requiere la altura geoidal N , que la obtenemos de un Modelo Geoidal Mundial. Así:



Sistemas de alturas.

Estos sistemas de alturas se relacionan entre sí por medio de la sencilla ecuación:

$$h = H + N$$

Donde:

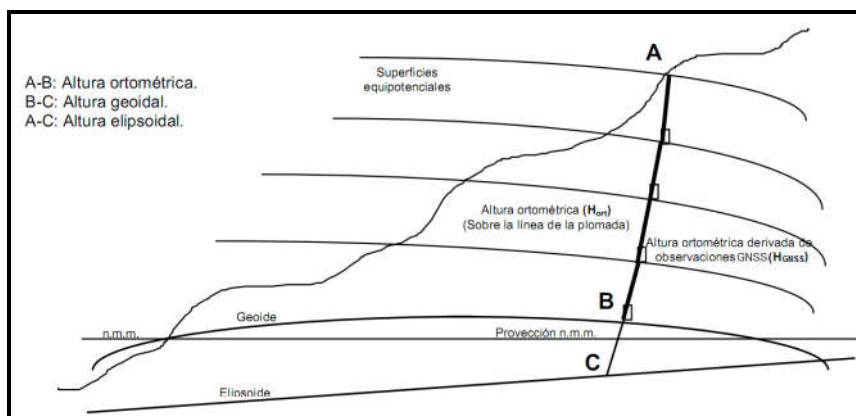
h = altura elipsoidal

N = altura geoidal

H = altura ortométrica

Conceptos Básicos

Teniendo como punto de partida la adquisición de datos GNSS y su procesamiento, se definen brevemente los diferentes conceptos involucrados en la metodología.



Definición de alturas.

- Elipsoide: Modelo físico matemático que representa a la Tierra.
- Geoide: superficie equipotencial de referencia, se cuenta con un Modelo Geoidal Mundial.
- Altura elipsoidal (h): Es la distancia entre la superficie del elipsoide y el punto de medición. La magnitud y dirección de este vector dependen del elipsoide de referencia GRS80 (Geodetic Reference System, 1980), que es el datum asociado a la REGGEN – SIRGAS (Red Geodésica Geocéntrica Nacional, densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico en las Américas).
- Altura ortométrica (H_{ort}): Es la distancia tomada en la dirección normal al geoide entre éste y el punto de medición.
- La curvatura de esta altura se debe al hecho de que la línea de la plomada coincide con el vector gravedad a medida que atraviesa diferentes superficies equipotenciales, las cuales no son paralelas entre sí.
- Ondulación geoidal (N): Distancia entre el geoide y el elipsoide medida a lo largo de la línea real de la plomada. También se denomina ondulación geoidal.
- Altura nivelada GNSS (H_{GNSS}): Es la altura de un punto obtenida por el método satelital.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Instrumentos.

Los instrumentos que se usan para este tipo de nivelación son los siguientes:

Receptores GNSS

Temperatura de funcionamiento	: de -35 °C a + 60 °C
Temperatura de almacenamiento	: de -35 °C a + 70 °C
Formato de archivos	: NATIVO y RINEX
Rastreo como mínimo	: 300 canales
Constelaciones Mínimas	: GPS (L1, C/A, L2C, L2E, L5) GLONAS (L1, C/A, L2) GALILEO (E5A, E5B, ALTBOC)

Es recomendable exigir el respectivo certificado de funcionamiento al comprar u obtener los equipos GNSS.

Accesorios.

Software de procesamiento
Kit de herramientas
Estuche de transporte
Trípode de madera

Exigencias.

Para la toma de datos, se utilizará el método relativo estático post proceso, estos se obtendrán con apoyo de puntos geodésicos de orden "0", orden "A" u orden "B" a nivel nacional, que estén separados equidistantemente, a una distancia no mayor de 10 Km al punto geodésico que se quiere establecer, considerando el tiempo continuo de observación no menor a 900 registros o épocas de coincidencia con la base, a no menor de un (1) segundo ni mayor de cinco (5) segundos de sincronización, con una elevación de la máscara no mayor a quince (15) grados sobre el horizonte y con el rastreo permanente no menor de 4 satélites.

Los datos se podrán procesar en cualquier software de procesamiento geodésico.

Se utilizarán las efemérides precisas.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Precisión:

Vertical: hasta 7.00 mm

Tipo de solución:

Se utilizará el tipo de solución fija. Los resultados del cálculo trabajando con fase deben dar fija (fijando las ambigüedades).

Tolerancias. Según la forma en que se lleve la nivelación, deberá aplicarse los siguientes criterios de tolerancia:

a) El error máximo o tolerancia (T) no debe exceder de:

$$T = 7,0 \text{ mm}$$

b) Si al comparar el error encontrado con la tolerancia y resulta que este es mayor que la tolerancia, se hace necesario repetir la nivelación. En caso de verificarse que el error es menor que la tolerancia se procede a la compensación de la misma.

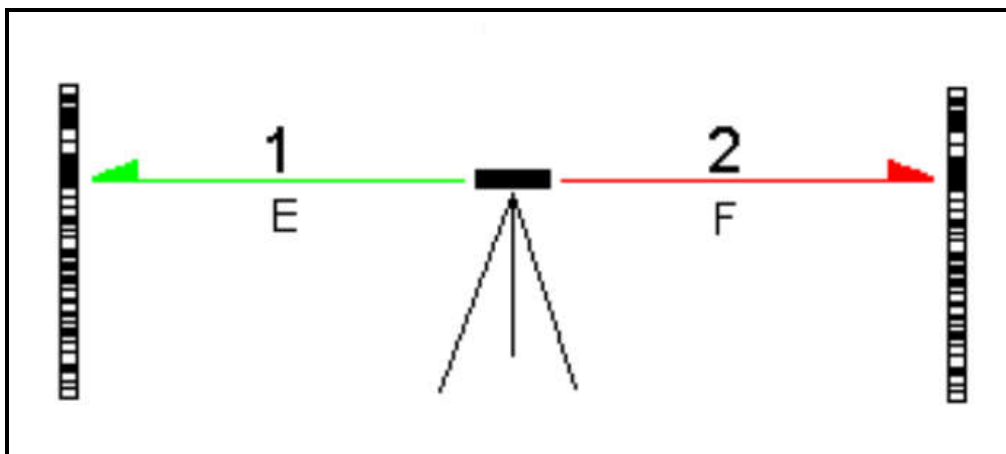
3.4. Métodos de Nivelación

Metodología Geométrica

Existen diferentes métodos de nivelación, se explicarán las más difundidas:

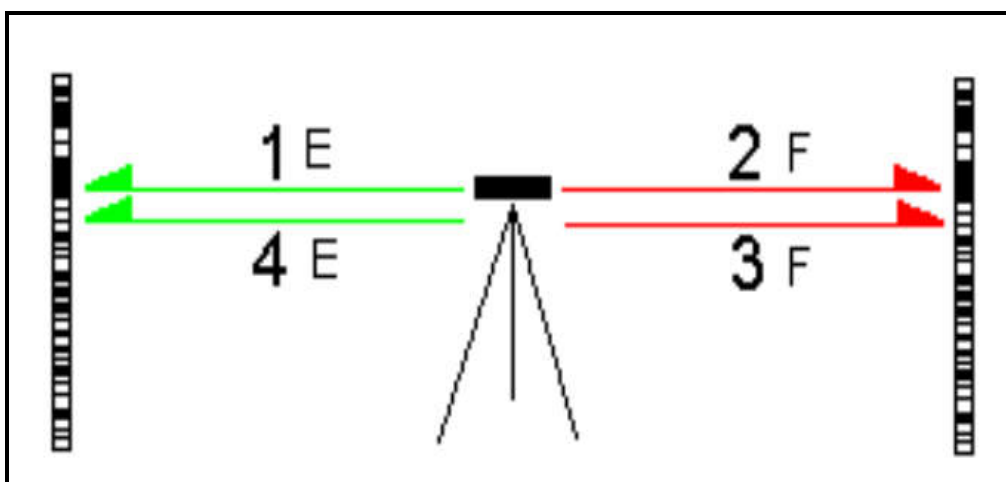
* **Vista Atrás (Espalda) – Vista Adelante (Frente) (EF)**

Consiste en efectuar una lectura atrás hacia el punto previo de la línea de nivelación, y una lectura adelante hacia el siguiente punto de la línea de nivelación. Entre dichos puntos, puede tener tantos puntos intermedios como sea necesario.



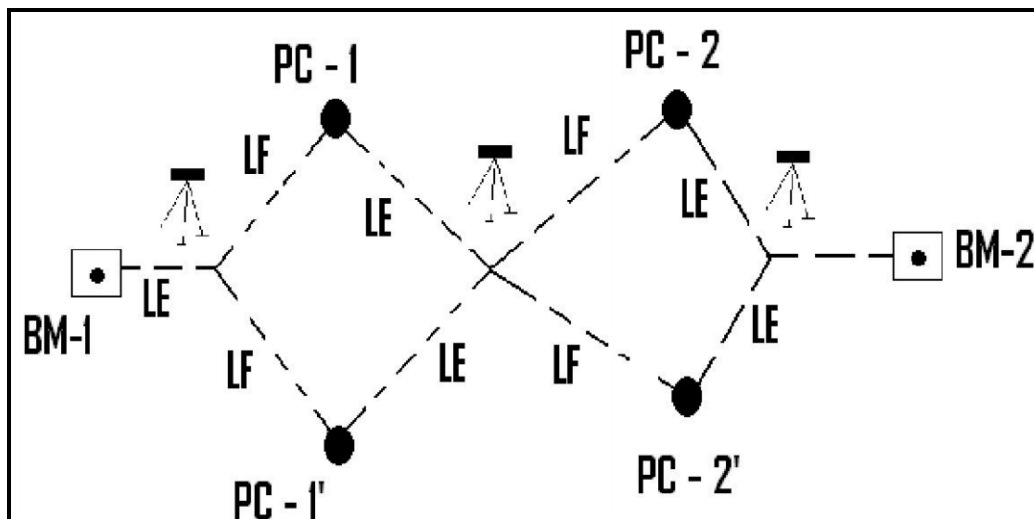
* **Vista Atrás – Vista Adelante – Vista Adelante – Vista Atrás (EFFE)**

Consiste en una primera lectura atrás hacia el punto anterior en la línea de nivelación, después una lectura adelante hacia el siguiente punto en la línea de nivelación. Posteriormente, se hace una segunda lectura adelante hacia ese mismo punto y otra lectura atrás hacia el punto anterior. Después de la primera lectura atrás, puede tener tantos puntos intermedios como sea necesario.



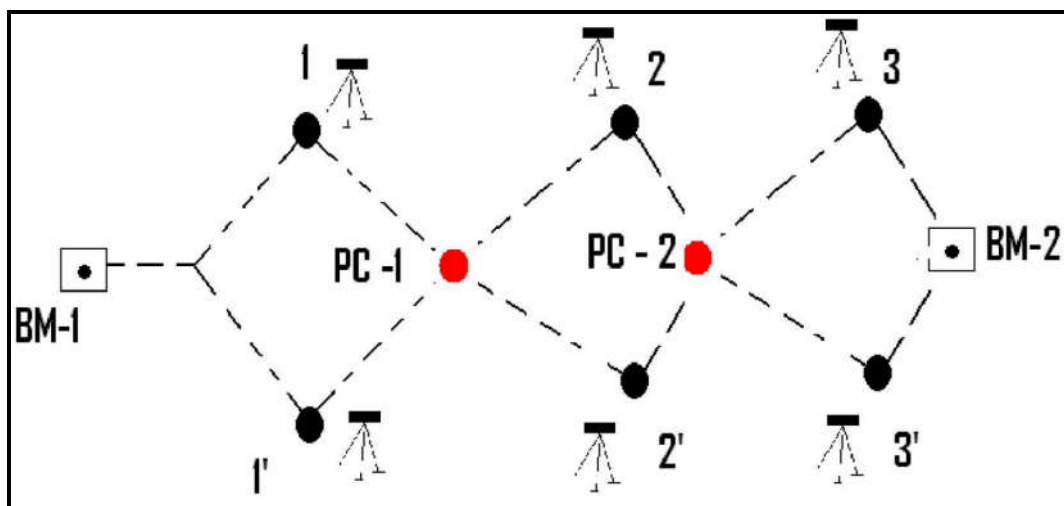
* **Doble punto de cambio**

Consiste en efectuar una lectura atrás hacia una marca de cota fija, y dos lecturas adelante en los puntos de cambio, posteriormente se efectúa las lecturas atrás a los puntos antes situados y se dan lecturas a dos lecturas adelante en los otros puntos de cambio, y se termina la nivelación tomando una lectura de frente en la marca de cota fija que se desea.



*** Doble puesta de instrumentos**

Es similar al método EFFE con la salvedad que es necesario realizar dos puestas diferentes de instrumento para cada punto de cambio.



Metodología GNSS

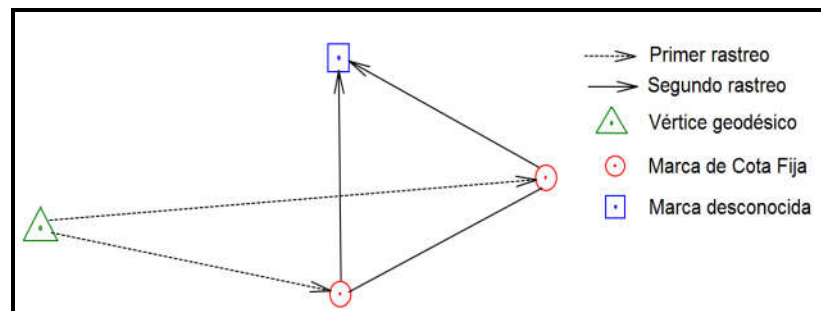
Antes de exponer algunos posibles casos a resolver, es necesario puntualizar sobre aspectos básicos del rastreo:

- 1- El tiempo de rastreo sobre un punto debe ser lo indispensables contados a partir de la estabilización del equipo y la disponibilidad mínima de 4 satélites.

- 2- No debe haber tiempos de rastreo menores a 900 o épocas de coincidencia con la base.
- 3- Debe evitarse realizar rastreos sobre distancias mayores de 10 km.
- 4- Se sugiere, como una forma de mejorar los resultados, ejecutar rastreos dobles sobre cada punto involucrado; esto, con el ánimo de disminuir la ocurrencia de errores de tipo sistemático o aleatorio.
- 5- Las Marcas de Cota Fija (MCF) o Bench Marc (BM) ocupados deben ser, preferiblemente, de alta precisión o de precisión.
- 6- Se procesará simultáneamente con dos MCF como mínimo.

* **Nivelación Satelital de Puntos y Línea de Nivelación**

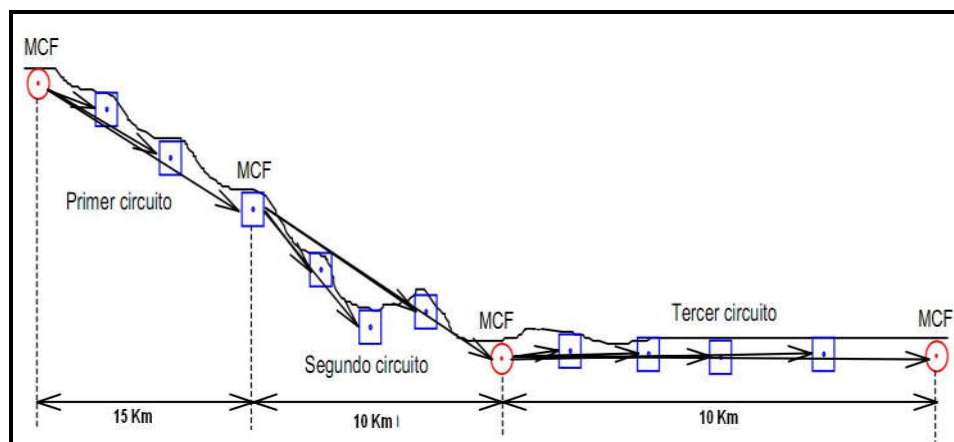
- A. Se toma como base inicial un punto geodésico de orden "0" o de orden "A" o de orden "B" más cercano al área del proyecto.
- B. Se seleccionan como mínimo dos MCF, a las cuales se les traslada el control horizontal a partir del punto geodésico de orden "0" o de orden "A" o de orden "B". De este modo, se definen valores de latitud, longitud, altura h , altura H y ondulación N para cada MCF y el punto a nivela.



Determinación de la altura de un punto sobre el nivel medio del mar utilizando el Sistema GNSS.

- C. Las dos MCF rastreadas servirán como base para la determinación de cota del punto nuevo con altura desconocida (rover).
- D. Para rastrear una línea es necesario dividirlo en circuitos, cuyas longitudes se definen por la distancia horizontal entre las MCF y las estaciones ubicadas

dentro de los siguientes 15 km de radio. Alcanzada esta distancia, debe definirse una nueva MCF.



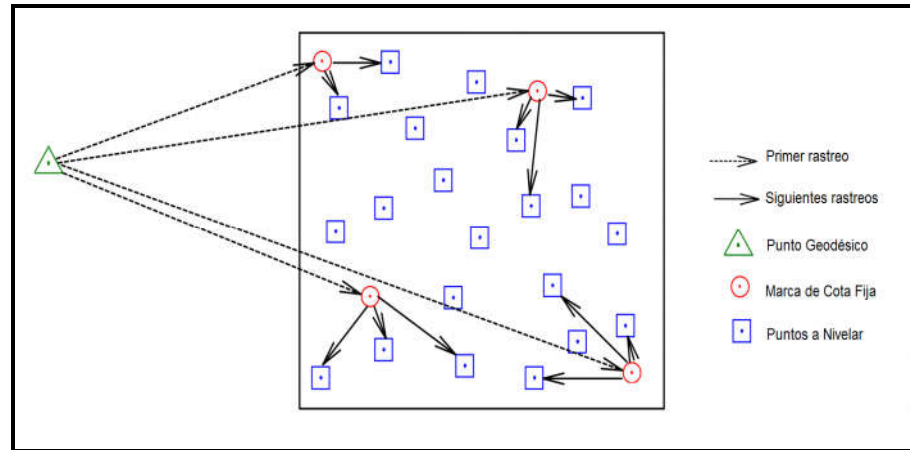
Determinación de la altura de los puntos contenidos en una línea de nivelación utilizando el sistema GNSS

Los criterios de planeación y tiempos de rastreo se mantienen y la selección de la base estará en función de las conveniencias del proyecto.

Si existen más MCF cercanos al área del proyecto, éstos deben involucrarse como bases en el rastreo de los diferentes circuitos.

* **Nivelación Satelital de una Superficie**

- A. Se toma como base inicial un punto geodésico de orden "0" o de orden "A" o de orden "B" más cercano al área del proyecto.
- B. Las MCF se definen de acuerdo al área que se va a nivelar, a las cuales se les traslada el control horizontal a partir del punto geodésico de orden "0" o de orden "A" o de orden "B". De este modo, se definen valores de latitud, longitud, altura h , altura H y ondulación N para cada MCF. Estas MCF se constituyen en las nuevas bases para el rastreo de los puntos contenidos en la superficie.

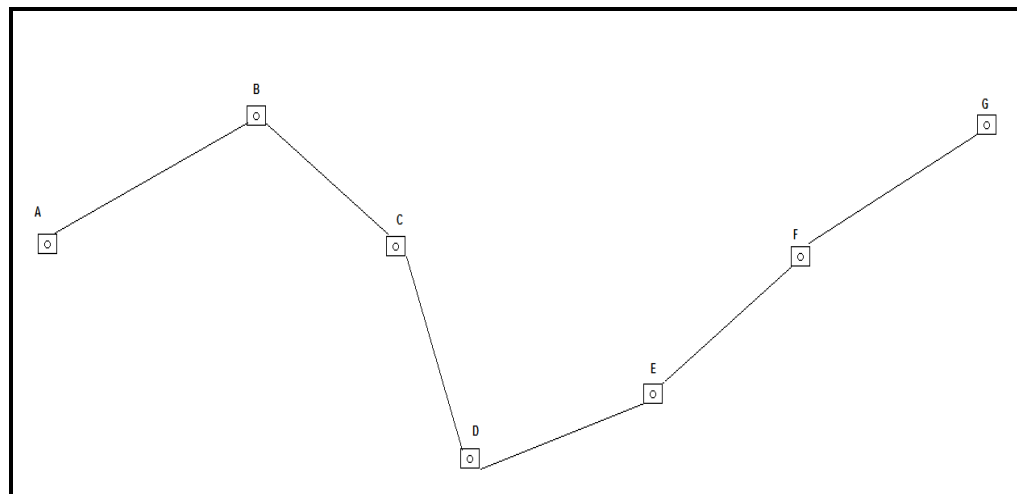


Determinación de alturas de puntos contenidos en un área utilizando el Sistema GNSS.

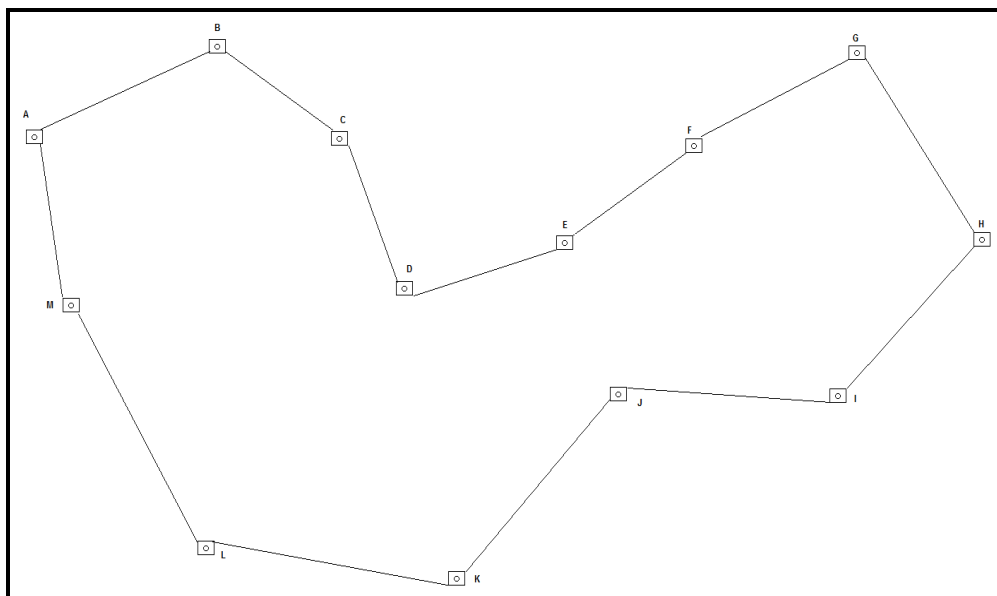
- C. De acuerdo con las condiciones locales, se determinará la distribución de los puntos a rastrear por cada día, manteniendo las condiciones básicas de duración y distancia.

3.5. Líneas, Anillos y Redes de Nivelación

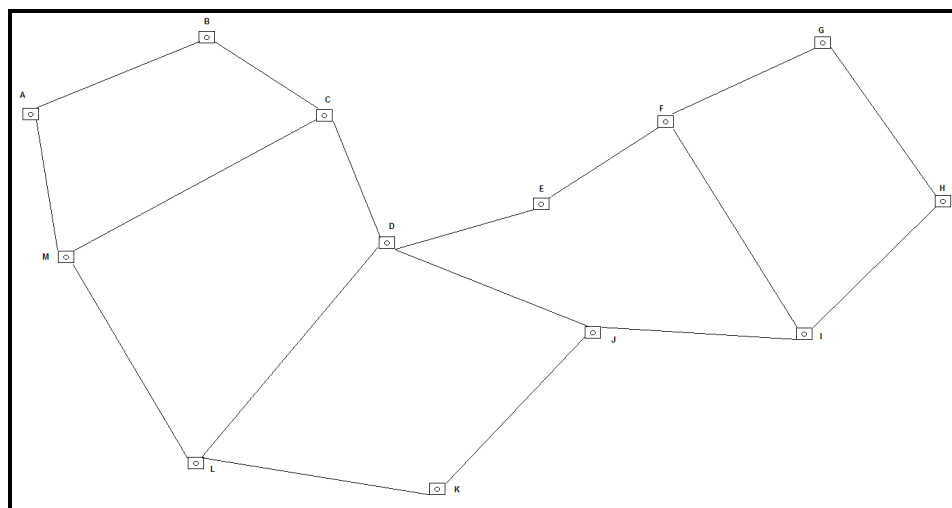
La realización de un proyecto de nivelación consiste en la aplicación de los métodos de nivelación, en un orden determinado, tendente a la obtención de la representación altimétrica de la zona de interés con unos errores que no excedan la tolerancia fijada. Esta representación se obtiene a partir de una serie de puntos para los que se determina su altitud, en donde se forman líneas de nivelación, anillos de nivelación y redes de nivelación.



Línea de Nivelación (Poligonal Abierta, nivelación de ida y regreso por cada punto)



Circuito Cerrado o Anillo de Nivelación (Poligonal Cerrada, nivelación de ida y regreso por cada punto)



Red de Nivelación (Poligonales Cerradas, nivelación de ida y regreso por cada punto)

3.6. Fases del trabajo de nivelación

3.6.1 Planeamiento

El planeamiento está ligado a una pre – evaluación, por lo que se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Conocer bien los objetivos del trabajo de nivelación, estableciendo los requisitos de precisión y exactitud requeridos en el proyecto.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

- b. Las especificaciones técnicas exigidas en la ubicación de un conjunto de marcas de cota fija, deben proyectarse sobre una cartografía oficial, imágenes satelitales u otras imágenes confiables.
- c. Las informaciones sobre la ubicación y características del lugar, las marcas de cota fija de alta precisión, las estaciones de rastreo permanente próximas, las marcas de cota fija de precisión disponibles próximas y las instituciones Gubernamentales (como los Gobiernos Regionales, Municipalidades, etc.), deben anotarse en un cuaderno de trabajo.
- d. El plazo y periodo propuesto para un trabajo de nivelación, deben anotarse en un cronograma de ejecución.
- e. Los recursos económicos, humanos y logísticos, deben estar disponibles en el periodo propuesto.

3.6.2 Reconocimiento

Luego del planeamiento, se requiere reconocer los sitios seleccionados a fin de conocer detalles que pudieran no aparecer en la cartografía existente, como por ejemplo, bosques, edificaciones recientes, áreas con acceso restringido, etc.

Se verificarán sobre el terreno, las características definidas en el planeamiento y establecer las condiciones y modalidades no previstas en el mismo.

Las operaciones deberán posibilitar necesariamente la elaboración del proyecto definitivo.

Actividades a desarrollarse

- a. Localizar y determinar las condiciones de estabilidad de las marcas de cota fija pertenecientes a la red nacional.
- b. Verificar el funcionamiento de la estación de rastreo permanente o la existencia y buena conservación física de los puntos geodésicos bases a utilizar de ser el caso.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

- c. Seleccionar en el terreno el área o áreas adecuadas para el establecimiento de marcas de cota fija permanentes unificando la naturaleza jurídica.
- d. Comprobar las condiciones de observación en cada área.
- e. El área a colocar el punto o puntos geodésicos verticales reunirán las siguientes condiciones:
- Fácil acceso y lugar apropiado para su estacionamiento sin provocar perturbaciones.
 - El terreno debe tener una estabilidad razonable para garantizar la permanencia de la marca de cota fija que se establezca. Deben evitarse los terrenos erosionables o sometidos a procesos de deslizamientos, inundaciones entre otros.
 - Procurar que el agua de lluvia o de cualquier otra procedencia fluya rápidamente para que el punto geodésico se mantenga seco, con lo que además se protege la marca contra los efectos de la oxidación.
 - Determinar el diseño más adecuado a establecer según las características de la zona.
- f. En caso de localizarse marcas de cota fija de otros proyectos o redes, evaluar sus características para proponer su reutilización a fin de evitar la proliferación de marcas de cota fija que confundan a los usuarios.
- g. Al término del reconocimiento, elaborar un legajo de campo indicando todas las observaciones obtenidas y complementando con información gráfica sobre una cartografía oficial confiable las marcas de cota fija cercanas al área de trabajo, así como las vías de acceso. En caso de ser necesario, se actualizará el legajo.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

3.6.3 Monumentación

Los monumentos de nivelación se denominarán Marca de Cota Fija (MCF) ó Bench Mark (BM), y serán distribuidos dentro del ámbito del territorio nacional a lo largo de las principales vías de comunicación terrestre, los mismos que constituyen bienes del Estado.

La forma, estructura y anclaje de las marcas de cota fija de las nivelaciones de este tipo deberán asegurar su permanencia por el tiempo deseado, y se construirán en los lugares que serán propuestos por la brigada de reconocimiento.

Las líneas de Nivelación de Alta Precisión, de Precisión y Ordinaria, estarán representadas físicamente por una serie de marcas de cota fija de acuerdo a las especificaciones de la monumentación de marcas de cota fija establecidas a lo largo de las vías de comunicación, en sitios en que el riesgo de pérdida o destrucción sean mínimos, con un espaciamiento variable (dependiendo del terreno) entre 1 000 y 1 500 metros, con el fin de minimizar la cantidad de cambios de estación.

La monumentación se realizará de la siguiente manera:

A) Monumentación de Marcas de Cota Fija

Se debe utilizar uno de los siguientes tipos de monumentación con las siguientes características.

Marcas de Cota Fija sobre roca madre

Se incrustaran fierros, pernos, tornillos grandes o discos sobre rocas madres y estarán fijados con cemento o sustancia similar, acompañado de una señal de identificación de la Marca de Cota Fija según lo especificado.

Marcas de Cota Fija sobre construcciones existentes

Se incrustaran fierros, pernos, tornillos grandes o discos sobre construcciones existentes (edificios o construcciones de fácil acceso) y estarán fijados con cemento o sustancia similar que aseguren una razonable estabilidad y permanencia en el tiempo, estarán acompañado de una señal según lo especificado en la identificación de la Marca de Cota Fija.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Marcas de Cota Fija sobre pilares de hormigón

Estas Marcas de Cota Fija se construirán de concreto ciclópeo, según de acuerdo al anexo N° 5

Para su construcción, se tomará en cuenta las características geológicas locales del suelo y las condiciones ambientales, a fin de asegurar su permanencia por un largo periodo de tiempo.

En caso que el terreno sea arenoso o suelto, se colocaran dos fierros corrugados de $\frac{1}{2}$ " , después de agregar el concreto, estos abarcarán una profundidad adecuada a fin de evitar las posibilidades de erosión, con un mínimo de 15 cm., por debajo de la base del pilar.

Se deberá ejercer el criterio de construirlos con la solidez que las circunstancias locales ameriten en función de las posibilidades de deterioro o destrucción accidental o intencional.

Sobre este pilar se colocará la señal de identificación de la Marca de Cota Fija fijándose en el centro de la parte superior del pilar.

Las inscripciones deben hacerse en la señal de identificación antes de su fijación al pilar.

Preparación del pilar de concreto

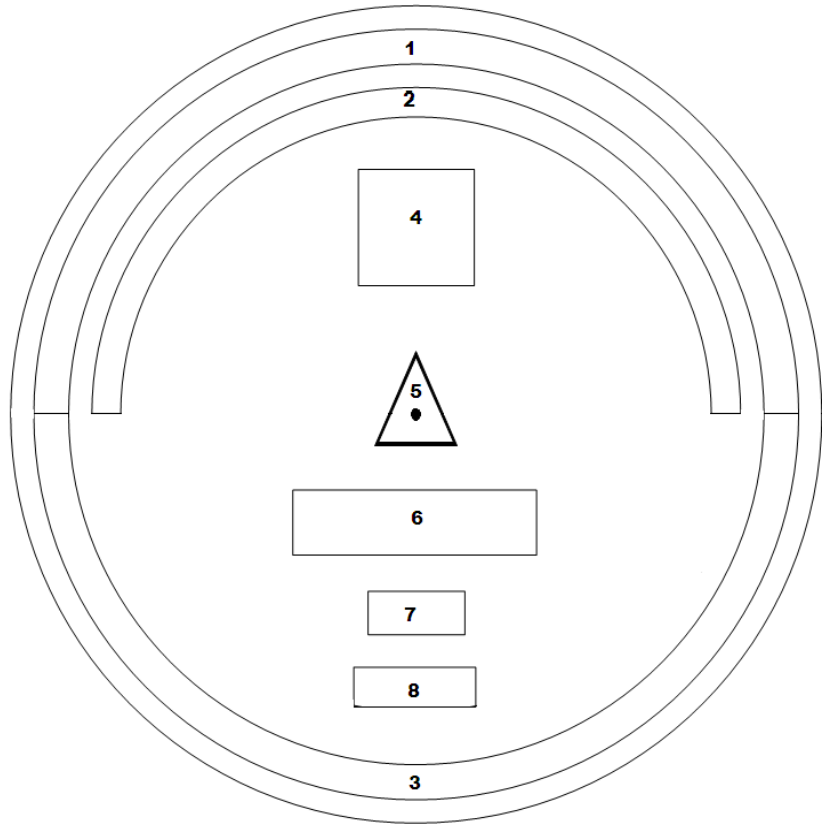
El pilar de concreto debe construirse de acuerdo con las especificaciones que se indican, tal que asegure su estabilidad y resistencia en el tiempo:

- Será de forma cuadrangular.
- La Base y tope será de 40 cm de lado.
- La Profundidad será según el terreno (no < de 60 cm.)
- De ser necesario, se deberá colocar dos fierros corrugados de $\frac{1}{2}$ " .

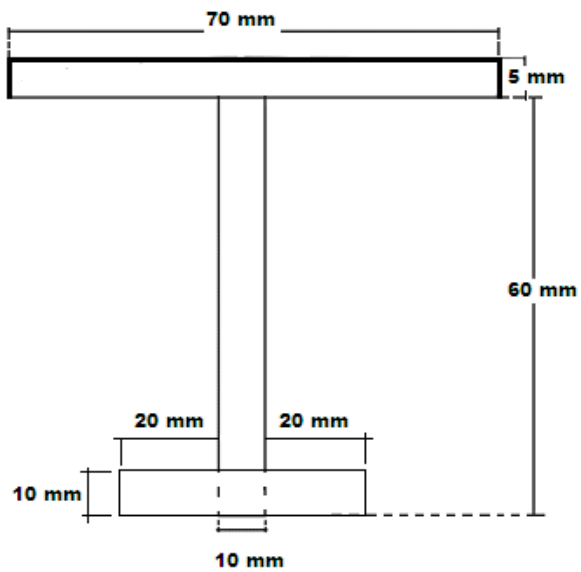
B) Identificación de la Marca de Cota Fija

La identificación será de una pieza metálica, que define el punto geodésico de referencia (origen de coordenadas). La identificación, tendrá las siguientes especificaciones:

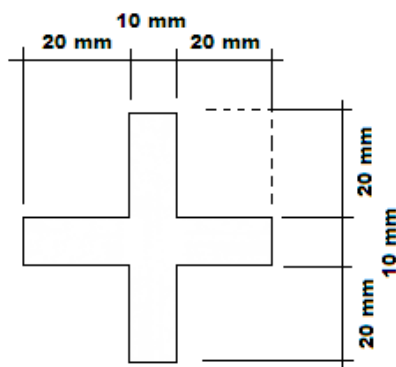
La parte superior es de forma circular de 70 mm de diámetro, con un espesor de 5 mm.



La parte intermedia con una longitud de 60 mm., de forma tubular, con un grosor de 10 mm.



La parte inferior de anclaje será en forma de cruz de forma tubular de 10 mm de grosor y de 50 mm de longitud.



La identificación tendrá inscritas las siguientes especificaciones:

- En la parte 1, irá el nombre de la Institución se ubicará en el área establecida de forma centrada con el tipo de letra Arial y de 4 mm.
- En la parte 2, irá el escrito **“SE PROHÍBE DESTRUIR”** de forma centrada y con el tipo de letra Arial y de 3 mm.
- En la parte 3, irá el escrito **“PROPIEDAD DEL ESTADO”** de forma centrada y con el tipo de letra Arial y de 4 mm.
- En la parte 4, irá el tipo de nivelación: Nivelación de Alta Precisión (AP), Nivelación de Precisión (P) o Nivelación Ordinaria (O) de la marca de cota fija.
- En la parte 5, irá un triángulo equilátero de 7 mm, con un punto de 1 mm en el centro.
- En la parte 6, irá el código del punto a establecer, el cual será solicitado al IGN, y se escribirá con el tipo de letra Arial y de 5 mm.
- En la parte 7, irá en tres cifras el mes que fue nivelado, con tipo de letra Arial y de 4 mm.
- En la parte 8, irá el año de la nivelación, con el tipo de letra Arial y de 4 mm.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Es importante, contar con el consentimiento del propietario del terreno o edificio, o del funcionario responsable cuando se trate de lugares públicos, del área en el cual se coloque las marcas de cota fija.

Además es recomendable proporcionar a los mismos, alguna información escrita sobre las marcas de cota fija y los datos de la entidad responsable del proyecto.

3.6.4 Trabajos de Campo

Instalación del Instrumento: Se debe colocar el instrumento sobre un trípode perfectamente estable en el suelo con su plataforma aproximadamente horizontal.

- Las patas del trípode deben ponerse abiertas para darle estabilidad.
- Siempre se deben pisar las patas del trípode con el pie para asegurarse que estén bien apoyadas.
- Centrar la burbuja del nivel con el más mínimo cuidado.

Lecturas en la mira:

- La mira se debe colocar sobre puntos estables, que no se hundan.
- La mira se debe colocar en forma vertical, para asegurarse de que ésta este vertical, se hace uso de un bipie acoplado con un nivel de burbuja (ojo de pollo).

Otras Recomendaciones:

- Cuando se hace alguna observación no tocar el instrumento ni el trípode con el cuerpo. También se debe tener cuidado de no pisar cerca de las patas del trípode cuando el terreno es inconsistente, puede que el instrumento se desnivele.
- Los hilos del retículo deben estar perfectamente nítidos a los ojos del operador, antes de comenzar a nivelar.

Inicio de los trabajos: Según los trabajos a realizar se debe considerar lo explicado en el ítem 3.3 (clasificación de la nivelación).



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

3.6.5 Cálculos de Gabinete

3.6.5.1 Ajuste de una Línea y/o Anillo de Nivelación

El ajuste de la nivelación tiene por objeto distribuir el error de cierre obtenido y hallar el valor de las cotas de los puntos que intervienen en la nivelación. El ajuste se realizará de acuerdo al método empleado en la nivelación pero siempre, la distribución del error de cierre será proporcional a las distancias de nivelada.

Ajuste de Nivelación Geométrica

Existen dos tipos de ajuste:

a. Ajuste de poligonal abierta

Es en la que se parte de un punto de cota fija conocida y se llega a otro de cota fija conocida, dejando una serie de marcas de cota fija a lo largo de una línea de nivelación.

b. Ajuste de poligonal cerrada

Es este tipo de ajuste se parte de un punto de cota fija conocida y se llega al mismo punto de cota fija, conocido como un circuito cerrado o anillo de nivelación donde hay necesidad de repartir el error de cierre, pues debido a pequeños errores cometidos durante la nivelación, la cota calculada del punto final no concuerda exactamente con el valor que se conoce. Como los principales errores en nivelación son accidentales, el error probable tiende a variar proporcionalmente a la raíz cuadrada del número de oportunidades de error o sea a la raíz cuadrada del número de puntos de cambio.

El ajuste o la compensación consisten en hacer que se cumpla la geometría del modelo. Se reparte el error de cierre entre los datos de campo de forma que el error de cierre sea cero. Se pueden adoptar los siguientes criterios:

- Proporcional a los desniveles parciales.
- Proporcional a las distancias de los tramos.
- Partes iguales a los tramos.

- **Proporcionales a los desniveles parciales**

El error de cierre con signo contrario se divide entre la suma total de desniveles en valor absoluto, y se multiplica por el valor absoluto del desnivel que corresponde al tramo cuya compensación queremos calcular.

$$C_n^{n+1} = \frac{-e}{\sum |H_n^{n+1}|} |H_n^{n+1}|$$

- **Proporcional a las longitudes de los tramos**

El error de cierre cambiado de signo, se divide entre la suma de las longitudes de los tramos, y se multiplica por la longitud del tramo cuya compensación se desea obtener. Este cálculo se repite para cada tramo.

$$C_n^{n+1} = \frac{-e}{\sum D} D_n^{n+1}$$

- **Partes iguales**

El error de cierre cambiado de signo se divide entre el número de tramos, el valor obtenido es el valor a aplicar como compensación a cada uno de los desniveles.

$$C_n^{n+1} = \frac{-e}{n^0 \text{ tramos}}$$



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Ajuste de la Nivelación Satelital

Una vez recopilada la información en campo y procesadas las coordenadas latitud (ϕ), longitud (λ) y altura elipsoidal (h) de cada punto rastreado, la determinación de altura sobre el nivel medio del mar (snmm) a partir de la información GNSS se adelanta de la siguiente manera:

- a. Determinación de las diferencias entre las alturas elipsoidales de la base (h_{Base}) y sus rover (h_{Ri}) correspondientes:

$$\Delta h_i = h_{Ri} - h_{Base}$$

- b. Determinación de las diferencias de alturas geoidales entre la base (N_{Base}) y sus rover (N_{Ri}) correspondientes:

$$\Delta N_i = N_{Ri} - N_{Base}$$

- c. Determinación de las diferencias de alturas niveladas GNSS (ΔH_{GNSSi}) entre la base y sus rover correspondientes:

$$\Delta H_{GNSSi} = \Delta h_i - \Delta N_i$$

- d. Cálculo de las alturas niveladas GNSS iniciales (H°_{GNSSi}) de los puntos desconocidos:

$$H^{\circ}_{GNSSi} = H_{Base} + \Delta H_i$$

- e. Determinación de las diferencias de alturas niveladas GNSS iniciales (H°_{GNSSi}) entre estaciones consecutivas:

$$\Delta H^{\circ}_{GNSS} = \Delta H_i - \Delta H_{i-1}$$

Éstas deben ser ajustadas a partir de los valores de la altura nivelada en las MCF.

- f. Ajuste por mínimos cuadrados de ΔH°_{GNSS} de acuerdo con el modelo matemático del método correlativo:



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

$$BV + W = 0$$

Siendo:

$$V = P^{-1} B^T (BP^{-1} B^T)^{-1} W$$

$$W = C - BL$$

Donde:

$B = b_{m,n}$: Matriz de los coeficientes de las observaciones en las ecuaciones de condición

$P = p_{n,n}$: Matriz de los pesos de las observaciones

$L = l_{m,1}$: Vector de las observaciones

$C = c_{m,1}$: Vector de los términos independientes en las ecuaciones de condición

$V = (v_i)_{(i=1,2,\dots,n)}$: Vector de las desviaciones de las cantidades observadas.

g. Determinación de las alturas niveladas GNSS definitivas:

$$H_{\text{GNSS-Final}} = H_{\text{Nivelada de la base}} + \Delta H_i \text{ Ajustado}$$

En este proceso matemático se recomienda trabajar seis dígitos decimales, con el propósito de que los errores generados en el redondeo de las cifras se acumulen al final.

Ajuste de la Nivelación Trigonométrica

Para el cálculo y compensación del error de cierre angular, se debe cumplir primeramente que la suma de los ángulos internos:

$$\sum \angle \text{internos} = (n - 2)180^\circ$$

Donde n = número de lados.

El error está dado por la diferencia entre los valores medidos y el valor teórico:



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

$$E_a = \sum \angle \text{medidos} - \sum \angle \text{internos}$$

Donde E_a = error angular

El " E_a " debe estar dentro de una tolerancia admisible, ésta tolerancia está dada por:

$$T_a = 1'' \times (n)^{1/2}$$

Donde: T_a = Tolerancia angular.

n = número de lados.

Si el " E_a " es menor a " T_a ", se procede a corregir los ángulos, de forma igualitaria entro cada uno de los ángulos, asumiendo que el error no es dependiente de la magnitud del ángulo medido. La forma de compensar es la siguiente:

$$C_a = - E_a/n$$

Donde C_a = Compensación angular

3.6.5.2 Ajuste de una Red de Nivelación

Una red de nivelación está constituida por vértices y líneas de nivelación que los unen. Uno o más vértices han de tener una altura fija. Los vértices donde se unen líneas de nivelación se denominan puntos de unión. La parte de una línea de nivel comprendida entre puntos de unión adyacentes se denomina tramo. Un vértice de altura fija es un punto de unión entre la red que ha de ser compensada y la nivelación anterior.

Una red de nivelación se puede ajustar por diferentes métodos:

- a. Ajuste consecutivo por inspección
- b. Ajuste simultaneo por estimación
- c. Método de Dell
- d. Método de Reducción de la Red
- e. Método de los Mínimos Cuadrados



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

De todos ellos, el que presenta los resultados más exactos, es el método de los mínimos cuadrados, por lo que el IGN realiza el ajuste de una red por este método.

Método de Mínimos Cuadrados

Un anillo consta de un número de lados que proporcionan dos caminos entre puntos de unión adyacentes.

Las diferencias de nivelación correspondientes a los tramos que componen cada anillo han de ser compensadas de tal manera que cada anillo cierre sin error. Cuando se ha realizado esta operación, todos los caminos a través de la red darán la misma diferencia de nivel entre cada par de puntos de unión.

Las condiciones impuestas se reducen a que todos los anillos sean cerrados, por cada uno de ellos se necesita una ecuación de condición.

Cuando las ecuaciones de condición se forman utilizando otros caminos que no son anillos, se encontrará que resultan idénticas a la suma de ciertas ecuaciones de anillos y no es necesario tenerlas en cuenta.

El número de ecuaciones de condición necesarias se calcula por la siguiente fórmula:

$$C = L - J + 1$$

Donde:

C = número de ecuaciones de condición (anillos)

L = número de tramos

J = número de puntos de unión

El anillo de nivelación más sencillo consta de dos puntos de unión conectados por dos tramos. Este anillo no impone más que una condición. La adición de un tramo añade una condición. La adición de un punto de unión conjuntamente con un tramo no introduce una nueva condición.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Cuando las correcciones correspondientes a las diferencias de nivelación por los tramos se han calculado por un ajuste de mínimos cuadrados, la corrección total para cada tramo se prorratea entre las diferencias correspondientes a los vértices intermedios, de acuerdo a sus distancias a lo largo del tramo.

3.7. Formulación de la Memoria Descriptiva

Se presentará una memoria descriptiva indicando lo siguiente:

a. Antecedentes

Se describe en forma clara y sucinta los antecedentes referidos a las circunstancias que dieron origen al proyecto, indicando a los participantes que hubiesen promovido o participado en la ejecución del proyecto.

b. Ubicación

Se coloca la ubicación geográfica del proyecto mencionado, el nombre de área o caserío, centro poblado, distrito, provincia y departamento (siempre que estén tomados como referencia); latitud y longitud respecto a las coordenadas geográficas y altitud promedio sobre el nivel del mar del área de trabajo.

Lo mencionado anteriormente se debe traducir en un plano o mapa indicando la escala correspondiente.

c. Accesibilidad

Se describe las vías de acceso que permitan la conexión entre la ubicación del proyecto y la ciudad o ciudades principales incluyendo la ciudad capital, indicando las características de las vías, distancias correspondientes y tiempo promedio de desplazamiento por tipo de vehículo o medio de transporte.

d. Clima y vegetación

Se describe las condiciones climáticas indicando las variaciones que ocurre en las cuatro estaciones del año, temperatura, precipitaciones pluviales, viento, humedad relativa, polvo, neblina, frecuencia y efectos sobre el proyecto. Características de la vegetación en la zona del proyecto, ventajas y desventajas sobre el mismo.

e. Fisiografía y topografía

Descripción del tipo de terreno, de los fenómenos que en él se producen; relieve y accidentes naturales del área donde se ubica y los que circundan al proyecto.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

f. Descripción del proyecto

Se realizará una descripción del proceso del proyecto indicando lo siguiente:

Coordinación

Se describirá en forma clara con quien se tomo conocimiento de los trabajos a realizar, así como el cronograma de actividades a realizarse.

Organización

Se realizará una lista del personal y equipos empleados en el proyecto, indicando la especialidad del personal y marca de los equipos.

Ejecución

Se presentará una descripción de la ejecución del proyecto, así como el método empleado.

Cálculo

Se describirá la forma de cálculo que se realizó, indicando:

- El modo de nivelación.
- El tipo de nivelación.
- La clasificación de la nivelación.
- Método de nivelación.
- Método de ajuste o de procesamiento.
- El software utilizado y su versión.
- Si se utilizó un modelo geoidal o si utilizó un gravímetro indicar el año.
- Tipo de mira y fecha de calibración (adjuntar copia simple)

g. Anexos

En el anexo de libreta de campo, se describirá como mínimo la siguiente información:

- **Nombre del Punto:** Identificador del punto.
- **Vista de Espalda:** Lectura de espalda. Dependiendo del método de observación, puede tener una o dos lecturas de espalda para una misma estación.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

- **Puntos Intermedios:** Lecturas de puntos intermedios. A un lado de la línea de nivelación, puede requerir de hacer visuales a puntos intermedios. Las cotas de tales puntos intermedios se determinan por lecturas únicas y no controladas a partir de la estación. Los puntos intermedios son estaciones que no forman parte de la línea, pero que se asume tienen lecturas correctas cuando la línea se encuentra dentro de los límites para el procesamiento.
- **Tipo de Punto Intermedio:** Define el tipo de medición del tipo intermedio puede ser replanteo o sólo medición.
- **Vista de Frente:** Lectura de Frente. Dependiendo del método de observación, puede tener una o dos lecturas de Frente para una misma estación.
- **Distancia:** Distancia entre el instrumento de nivel y la mira. Tratar que estas distancias sean las mismas.
- **Cota:** La cota de un punto se calcula en relación a la Cota de Inicio. Las cotas de control son fijas, mientras que las cotas medidas se ajustan al momento de procesar una línea de nivelación.
- **Clase de punto:** Tipo y/o fuente de la cota de un punto. Los puntos pueden ser de la clase Medido, Promediado o Control.
- **Número de Estación:** Indica la estación a partir de la cual se tomaron las mediciones.
- **Balance de distancia:** El balance de distancia es la diferencia entre la distancia al punto de lectura de Espalda y al punto de lectura de Frente.
- **Distancia Total:** La distancia total es el total de la distancia al punto de lectura de Espalda y la distancia del punto de lectura de Frente a cada estación.
- **Norte**
Colocar las coordenadas aproximadas Norte si los hubiera.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

- **Este**
Colocar las coordenadas aproximadas Este si los hubiera.
- **Diferencia de Cota:** La diferencia de cota es la diferencia entre la cota del punto de lectura de Espalda y el punto de lectura de Frente en una estación.
- **Número de mediciones o lecturas:** Número de mediciones tomadas por el instrumento para dicha observación.
- **Corrección por Curvatura Terrestre:** Indica si la corrección por curvatura terrestre se ha aplicado a las observaciones.

En el anexo del informe de ajuste de nivelación, se describirá como mínimo la siguiente información:

- Nombre del proyecto
- Fecha de ajuste
- Procesado por
- Aprobado por
- Lugar y fecha
- Mapa de referencia
- Software utilizado
- Nombre de la línea
- Longitud de la línea
- Método de nivelación
- Nombre del punto de Inicio
- Número de estaciones
- Fecha y hora de la nivelación
- Número de lecturas
- Método de ajuste
- Procesado con correcciones de mira de nivel
- Diferencia de altura
- Tolerancias de cierre
- Error de cota por estación
- Compensación de distancia



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Se colocará en columnas los siguientes ítems:

Nombre del punto Altura [m] Diferencia altura ajustada [m] Clase de punto

En el anexo del informe de procesamiento GNSS (si hubiera), se describirá la información del proyecto indicando como mínimo lo siguiente:

- Nombre del operador que ha procesado
- Descripción del punto geodésico
- El sistema de coordenadas
- El Datum
- La zona
- Geoide o Datum vertical
- Red o línea observada
- Fecha y tiempo de procesamiento
- Tipo de solución
- Precisión horizontal
- Precisión vertical
- Error Medio Cuadrático (RMS)
- Efeméride utilizada
- Duración del tiempo de observación
- Épocas
- Longitud de línea o líneas
- Coordenadas de las bases o base utilizada
- Coordenadas del punto o puntos procesados
- Valores de los vectores
- Errores estándar
- Máscara de elevación
- Cuadro de ocupaciones indicando:
 - ID de punto
 - Tipo de receptor
 - Número de serie del receptor
 - Tipo de antena
 - Número de serie de la antena
 - Altura de antena (medido)
 - Modelo de antena



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

ANEXO N° 1 (MONOGRAFÍA DEL PUNTO GEODÉSICO)

LOGO DE LA INSTITUCION O EMPRESA		NOMBRE DE LA INSTITUCION O EMPRESA	
		DIRECCION U OFICINA COMPETENTE	
MONOGRAFIA			
NOMBRE DEL PUNTO:	LOCALIDAD:	UBICACIÓN:	
LATITUD (S) WGS-84:		LONGITUD (W) WGS-84:	
ALT. ELIPSOIDAL:	OBSERVACIONES:		
DESCRIPCION DEL CAMINO:			
CROQUIS DE LA UBICACIÓN DEL PUNTO:			
DESCRITA POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	FECHA:



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

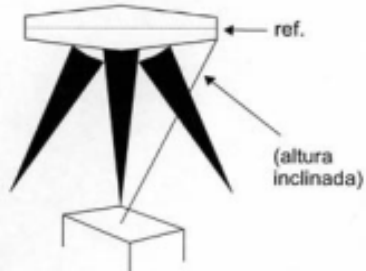
ANEXO Nº 2 (DIARIO DE OBSERVACIÓN)

LOGO DE LA
EMPRESA

NOMBRE DE LA EMPRESA O INSTITUCION

DIARIO DE OBSERVACION

Proyecto _____

Estación Nombre Completo: _____ Identificación (4 letras): _____ Inscripción en el monumento: _____ Fecha: _____			
Coordenadas Aproximadas: Latitud: ____ ° ____ ' ____ " Longitud: ____ ° ____ ' ____ " Altura: _____ m			
Receptor / Antena	Tipo	Modelo	Nro. Serie
Receptor _____			
Antena _____			
Software del Receptor (Versión): _____			
Longitud del Cable Antena-Receptor: _____ m			
Altura de la Antena sobre el monumento Punto de referencia _____ <input type="checkbox"/> Vertical ó <input type="checkbox"/> Inclínada Antes de las Observaciones: _____ m Después de las Observaciones: _____ m Datos del Receptor: _____ m		Croquis de las medidas de la Antena (ejemplo) 	
Observación: Nro. de la sesión del mismo día: _____ Intervalo de Medición: _____ seg. Elevación Mínima: _____ ° Hora de Inicio: _____ Hora de Término: _____ Operador / Institución: _____			



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

ANEXO Nº 3 (DESCRIPCIÓN MONOGRAFÍA DEL PUNTO GEODÉSICO)

LOGO DE LA INSTITUCION O EMPRESA
--

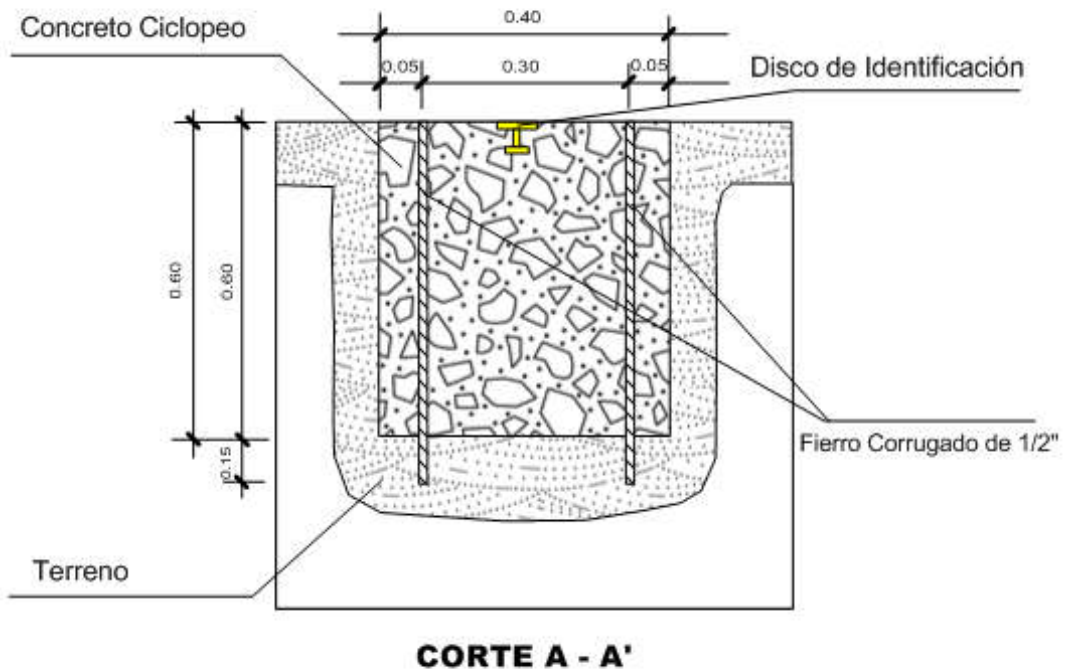
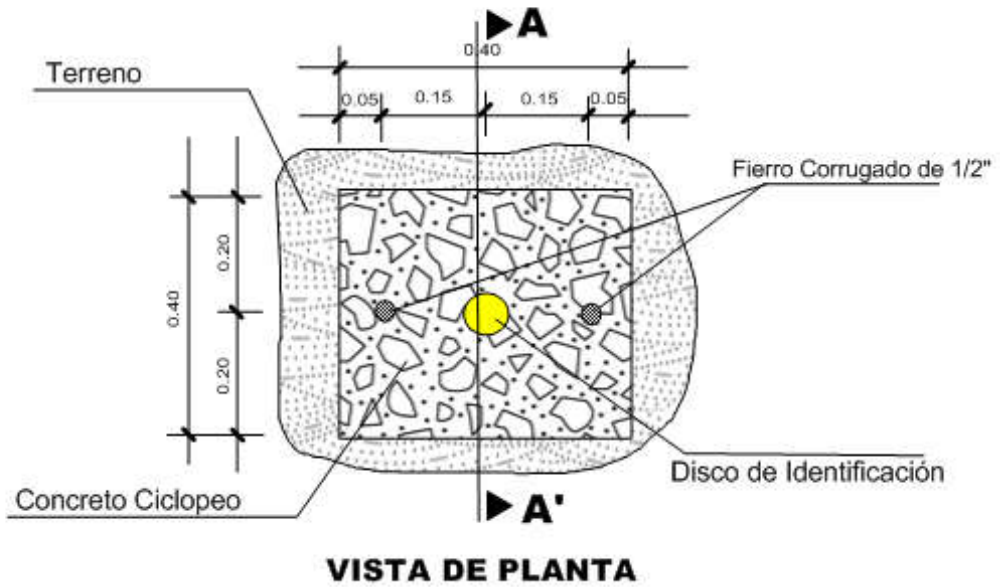
NOMBRE DE LA INSTITUCION O EMPRESA

DIRECCION U OFICINA COMPETENTE

DESCRIPCION MONOGRÁFICA

NOMBRE DEL PUNTO:	LOCALIDAD:	ESTABLECIDA EN:	
UBICACIÓN:		ZONA UTM	ORDEN
LATITUD (S) WGS-84:		LONGITUD (W) WGS-84:	
NORTE WGS-84:		ESTE WGS-84:	
ALT. ORTOMETRICA:	ALT. ELIPSOIDAL:	ELEV. GEOIDAL:	FACTOR DE ESCALA:
CROQUIS - IMAGEN		FOTOGRAFIA	
DESCRIPCION:			
MARCA DE LA ESTACION:			
REFERENCIA:			
DESCRITA POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	FECHA:

ANEXO N° 5 (PILAR DE CONCRETO)





Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

Referencias Bibliográficas

PHILIP KISSAM, C.E. Topografía para Ingenieros. Ediciones del Castillo S.A. Madrid 1971.

MENA BERRIOS JUAN B. Geodesia Superior. Centro Nacional de Información Geográfica. Madrid 2008

ANDERSON James M., MIKHAIL Edward M., Introducción a la Topografía. McGraw Hill. México. 1988.

BANNISTER, A., Raymond. S., BAKER R. Técnicas Modernas en Topografía. 7a edición. Alfaomega, México 2002.

CASANOVA Mtera Leonardo. Topografía Plana. Taller de publicaciones de ingeniería ULA. Mérida Venezuela. 2002.

CHUECA Pazos., Manuel. BOQUERA Herráez., VALERO José. Berné., José Luis. Tratado de topografía 1, Teoría de Errores e Instrumentación. Paraninfo. Madrid. 1996.

CHUECA Pazos., Manuel. BOQUERA Herráez., VALERO José. Berné., José Luis. Tratado de Topografía 2, Métodos Topográficos. Paraninfo. Madrid. 1996.

DAVIS, Raymond E., FOOTE, Francis s., ANDERSON, James M. and MIKHAIL, Edward M. Surveying Theory and Practice. 6th, Ed. McGraw-Hill Book Co. New York. 1981.

DURBEC Gérard., Cours de Topogramétrie Générale. Tome I. Quatrieme edition. Editions Eyrolles. Paris. 1981.

DURBEC Gérard., Cours de Topogramétrie Générale. Tome II. Quatrieme edition. Editions Eyrolles. Paris. 1981.

EL-SHEIMY Nasser. Digital Terrain Modeling. Engo 573. Department of Geomatics Engineering. University of Calgary. 1999

GARZÓN, Julián; JIMÉNEZ, Gonzalo.; VILA, José Joaquín "Introducción a los Modelos Digitales de Elevación en Topografía". Saarbrucken, Editorial Académica Española 2012.



Instituto Geográfico Nacional			
Norma Técnica Geodésica	V1.0	junio 2016	Levantamientos Geodésicos Verticales

GÓMEZ G., Gilberto. JIMÉNEZ C. Gonzalo. Topografía Analítica. Universidad del Quindío. Armenia. 2005.

JIMÉNEZ Cleves., Gonzalo. Topografía para Ingenieros Civiles. Armenia 2007.

JIMÉNEZ Cleves., Gonzalo. VILA Ortega, José Joaquín. HURTADO Bedoya, Carlos Alberto. Introducción al diseño de especificaciones en topografía. Armenia 1995.

KENNIE T. J. M. and PETRIE G. Engineering Surveying Technology. John Wiley & Sons. Inc. Great Britain. 1990.

KENNIE T.J.M. and PETRIE G. Engineering Terrain Modelling in Surveying and Civil engineering. Glasgow. 1991.

LOPEZ, Deybi A. y VARGAS Edison E. Determinación del error medio cuadrático por el método de la cuadrícula con cinco equipos. Universidad del Quindío. Armenia 2004.

SICKLE, Jan Van. Surveying Fundamentals Problems. Second Edition, Professional Publications, Belmont California. 1997.

VEIGA Luis A. K., María A. Z. Zanetti y Pedro L. Faggian. Fundamentos de Topografía. Brasil 2007.

WOLF, Paul R. y Brinker, Russell C. Topografía. 11ª edición. Alfaomega. México 2009.

ZIESKE Karl. Principios Básicos de Topografía. Leica Geosystems. Switzerland. 2000.

M. Farjas Redes Topográficas.

M. Farjas. Nivelación Geométrica. Tema 4.

M. Farjas. Nivelación Trigonométrica. Tema 3.

Petr Vaníček, Marcelo Santos, Robert Tenzer, Antonio Hernández-Navarro, Algunos Aspectos Sobre Alturas Ortométricas y Normales

Leonardo Casanova M. Nivelación Capítulo 6.

Michel Koolhaas. Nivelación Geométrica