

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y GEOGRAFIA

ACUERDO por el que aprueba la Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Instituto Nacional de Estadística y Geografía.- Junta de Gobierno.

Con fundamento en lo dispuesto en los artículos 26 del Apartado B de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 17 fracción III, 26, 27, 30 fracciones III y IV, 32 fracciones I y II, 55 fracciones I y II, 57, 58 y 77 fracción VIII de la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica; 5 fracción VIII, 24 fracción XIII del Reglamento Interior del Instituto; así como, lo previsto, en la Regla Séptima fracciones III, IV, VII, VIII y XII de las Reglas para la Integración y Operación de los Comités Ejecutivos de los Subsistemas Nacionales de Información, y

CONSIDERANDO

Que el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en su carácter de organismo público con autonomía técnica y de gestión, personalidad jurídica y patrimonio propios, tiene por objeto, entre otros, regular el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, cuya finalidad es suministrar a la sociedad y al Estado información de calidad, pertinente, veraz y oportuna, a efecto de coadyuvar al desarrollo nacional;

Que el Instituto, en su calidad de unidad central coordinadora del Sistema, tiene entre sus funciones, las de normar y coordinar el Sistema y las Actividades Estadísticas y Geográficas, que lleven a cabo las Unidades del Estado, tomando en cuenta los estándares nacionales e internacionales, así como las mejores prácticas en la materia;

Que las Estaciones Geodésicas de la Red Geodésica Horizontal, de la Red Geodésica Vertical y de la Red Geodésica Gravimétrica forman parte del Grupo de Datos del Marco de Referencia Geodésico del Subsistema Nacional de Información Geográfica y del Medio Ambiente;

Que uno de los propósitos fundamentales de la Geodesia, es la ubicación espacial precisa de los objetos que se encuentran en, sobre o cerca de la superficie de la Tierra, por lo que se convierte en elemento básico, que garantizará la referencia de los datos y productos estadísticos y geográficos generados por las Unidades del Estado, que integran el Sistema;

Que con la presente Norma, se establecen las especificaciones que permitirán a los usuarios de datos e información geográfica que el acervo puesto a su disposición por los productores o Unidades del Estado, sea integrado con facilidad en sus procesos de producción y en los de toma de decisiones; así mismo, se busca que las Unidades del Estado, al generar e intercambiar datos e información geográfica, muestren consistencia, compatibilidad y comparación en sus procesos, como resultado de la estandarización en la comunicación dentro del Sistema.

Por lo anterior, la Junta de Gobierno del Instituto Nacional de Estadística y Geografía tiene a bien emitir la siguiente:

NORMA TECNICA PARA EL SISTEMA GEODESICO NACIONAL

Capítulo I,

Objeto.

Artículo 1.- La presente Norma Técnica tiene por objeto establecer las disposiciones mínimas que definen el Sistema Geodésico Nacional, a partir de las cuales es posible integrar el Marco de Referencia Geodésico, a fin de establecer las condiciones necesarias para que el Marco sea homogéneo, compatible y comparable; tomando en cuenta las mejores prácticas internacionales.

Capítulo II,

Ambito de Aplicación.

Artículo 2.- La presente Norma Técnica es de observancia obligatoria para el Instituto y para las Unidades del Estado que intervengan o participen en los Levantamientos Geodésicos que integran el Marco de Referencia Geodésico, realizados por sí mismas o por terceros cuando éstas últimas les encomienden dicha actividad.

Capítulo III,

Disposiciones Generales.

Artículo 3.- Para efectos de la presente Norma Técnica se entenderá por:

- I. **Achatamiento.**- la relación de la diferencia entre el Semieje Mayor (a) y el Semieje Menor (b) de un Elipsoide, con respecto al Semieje Mayor;
- II. **Actividades estadísticas y geográficas o actividades.**- las relativas al diseño, captación, producción, actualización, organización, procesamiento, integración, compilación, publicación, divulgación y conservación de la Información de Interés Nacional;
- III. **Altura.**- la distancia de un punto, entre una superficie de referencia, medida a lo largo de la dirección perpendicular a dicha superficie y el punto;
- IV. **Altura geodésica (h) o altura elipsoidal.**- la distancia entre un punto y el Elipsoide de referencia, medida a lo largo de la perpendicular que va del Elipsoide hasta el punto. Tal distancia siempre será positiva hacia arriba del Elipsoide;
- V. **Altura geoidal (N).**- la distancia vertical entre el Geoide y el Elipsoide;
- VI. **Altura ortométrica (H).**- la distancia de un punto, desde la superficie del Geoide, a lo largo de la dirección del Vector de Gravedad, hasta el punto;
- VII. **Anomalía al aire libre.**- la anomalía de la gravedad, causada por la posición en altura del punto;
- VIII. **Anomalía de bouguer completa.**- la anomalía de la gravedad, causada por el efecto de atracción de una placa de densidad constante y altura variable;
- IX. **Anomalía de bouguer simple.**- la anomalía de la gravedad, causada por el efecto de atracción de una placa de altura y densidad constante;
- X. **Anomalía gravimétrica.**- la diferencia entre el valor observado de la gravedad en un punto dado y la correspondiente Gravedad Normal, corregida por el efecto de las masas atmosféricas;
- XI. **Campo gravimétrico.**- el campo vectorial de la aceleración de la gravedad, debido al efecto conjunto de atracción entre las masas y la rotación terrestre;
- XII. **Coordenadas.**- el conjunto de n números que designan la posición de un punto en un espacio n-dimensional;
- XIII. **Coordenadas geodésicas.**- las coordenadas definidas en un sistema de referencia geodésico;
- XIV. **Corrección topográfica.**- la corrección al valor de la gravedad observada, que se agrega a la Corrección de Bouguer y que depende del efecto de atracción de las masas terrestres que se encuentran alrededor del punto gravimétrico medido;
- XV. **Datum.**- para alturas, la superficie de referencia a partir de la cual se miden las alturas;
- XVI. **Dextrógiro (sistema).**- llamado también sistema de mano derecha para la orientación de ejes coordenados tridimensionales;
- XVII. **Elipsoide.**- el sólido geométrico generado por la rotación de una elipse alrededor de uno de sus ejes;
- XVIII. **Elipsoide de referencia.**- el elipsoide empleado geoméricamente como la mejor aproximación local o global de la forma de la Tierra;
- XIX. **Vértice geodésico, punto o estación geodésica.**- cualquier ubicación para la cual se han determinado o se determinarán sus coordenadas;
- XX. **Estándar de exactitud posicional.**- las especificaciones de los Ordenes de Exactitud Posicional tanto horizontal como vertical;
- XXI. **Geoide.**- la superficie equipotencial del campo de gravedad que se ajusta mejor al nivel medio del mar, ya sea local o globalmente;
- XXII. **Georreferenciación.**- el conjunto de actividades u operaciones, destinadas a establecer la ubicación de puntos, conjuntos de puntos o de información geográfica en general, con relación a un determinado sistema de referencia terrestre;
- XXIII. **Gravedad normal.**- el valor de la gravedad teórica, dependiente en forma exclusiva de la latitud;
- XXIV. **Instituto o INEGI.**- el Instituto Nacional de Estadística y Geografía;

- XXV. Latitud geodésica o latitud.-** el ángulo que la normal al Elipsoide en un punto cualquiera forma con el plano del Ecuador, positivo si está dirigido hacia el Norte;
- XXVI. Levantamiento geodésico.-** 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;
- XXVII. Longitud geodésica o longitud.-** el ángulo diedro comprendido entre el meridiano de referencia terrestre y el plano del meridiano que contiene el punto, positivo si está dirigido hacia el Este;
- XXVIII. Meridiano.-** cualquier sección elipsoidal, que contiene el Semieje Menor del Elipsoide;
- XXIX. Meridiano de Greenwich o Meridiano de Referencia.-** el meridiano terrestre a partir del cual se miden las longitudes geodésicas o geográficas;
- XXX. Metadatos.-** los datos estructurados que describen las características de contenido, calidad, condición, acceso y distribución de la información estadística o geográfica;
- XXXI. Nivel medio del mar.-** el nivel promedio de la superficie del mar sobre todas las etapas de la marea;
- XXXII. Norma.-** la Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional;
- XXXIII. Normal al elipsoide.-** la línea perpendicular a la superficie elipsoidal en cualquier lugar;
- XXXIV. Número geopotencial.-** la denominación aplicada a la diferencia de potencial, existente entre la superficie equipotencial correspondiente a un punto y la del Geoide;
- XXXV. Posición geodésica.-** el conjunto de Coordenadas Geodésicas, que definen de manera unívoca la ubicación de un punto con respecto a un sistema geodésico terrestre;
- XXXVI. Red Geodésica Nacional.-** la compuesta por estaciones geodésicas, horizontales, verticales y gravimétricas distribuidas de forma homogénea en el territorio nacional;
- XXXVII. Semieje mayor (a).-** la mitad del eje mayor de un Elipsoide de referencia;
- XXXVIII. Semieje menor (b).-** la mitad del eje menor de un Elipsoide de referencia;
- XXXIX. Sistema de coordenadas.-** el conjunto de reglas matemáticas, para especificar cómo deben definirse las coordenadas de puntos;
- XL. Superficie equipotencial.-** la Superficie de potencial constante. Denominada también superficie de nivel;
- XLI. Transformación de coordenadas.-** el proceso de convertir una posición dada de un punto o conjunto de puntos, en un sistema de referencia por Coordenadas a la correspondiente posición, en otro sistema de referencia por Coordenadas;
- XLII. Unidades del Estado o Unidades.-** las áreas administrativas que cuenten con atribuciones para desarrollar Actividades Estadísticas y Geográficas o que cuenten con registros administrativos que permitan obtener Información de Interés Nacional de:
- a) Las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, incluyendo a las de la Presidencia de la República y de la Procuraduría General de la República;
 - b) Los poderes Legislativo y Judicial de la Federación;
 - c) Las entidades federativas y los municipios;
 - d) Los organismos constitucionales autónomos y
 - e) Los tribunales administrativos federales.
- Cuando el Instituto genere Información se considerará como Unidad para efectos de la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, y
- XLIII. Vector.-** cualquier línea que tiene un origen y un destino, una orientación y una determinada magnitud.

Artículo 4.- Para la comprensión de esta Norma Técnica se describen las siglas o acrónimos siguientes:

- I. **AIG:** Asociación Internacional de Geodesia;
- II. **BIH:** Bureau Internationale de l'Heure (Oficina Internacional de la Hora);
- III. **DMA:** Defense Mapping Agency (Agencia Cartográfica de Defensa);
- IV. **GNSS:** Global Navigation Satellite System (Sistema Global de Navegación por Satélite);
- V. **GPS:** Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global);
- VI. **GRS80:** Geodetic Reference System of 1980 (Sistema Geodésico de Referencia de 1980);
- VII. **IGSN71:** International Gravity Standardization Net of 1971 (Red Internacional de Estandarización de la Gravedad de 1971);
- VIII. **ITRF:** International Terrestrial Reference Frame (Marco de Referencia Terrestre Internacional);
- IX. **ITRF08:** International Terrestrial Reference Frame of 2008 (Marco de Referencia Terrestre Internacional del 2008);
- X. **ITRF92:** International Terrestrial Reference Frame of 1992 (Marco de Referencia Terrestre Internacional de 1992);
- XI. **ITRS:** International Terrestrial Reference System (Sistema de Referencia Terrestre Internacional);
- XII. **NAVD88:** North American Vertical Datum of 1988 (Datum Vertical Norteamericano de 1988);
- XIII. **NAVSTAR:** Navigation System Time and Ranging (Sistema de Navegación por Tiempo y Distancia);
- XIV. **NGA:** National Geospatial Intelligence Agency (Agencia Nacional Geoespacial y de Inteligencia);
- XV. **NGS:** National Geodetic Survey (Oficina Nacional de Levantamientos Geodésicos);
- XVI. **RGNA:** Red Geodésica Nacional Activa;
- XVII. **RGNP:** Red Geodésica Nacional Pasiva;
- XVIII. **SIRGAS:** Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas, y
- XIX. **WGS84:** World Geodetic System of 1984 (Sistema Geodésico Mundial de 1984).

Artículo 5.- El Sistema Geodésico Nacional lo conforma el conjunto de Especificaciones Técnicas de la presente Norma, y su materialización se denomina Marco de Referencia Geodésico.

El Marco de Referencia Geodésico Nacional en sus tres vertientes incluye:

- I. La Red Geodésica Horizontal, integrada por:
 - a) La Red Geodésica Nacional Activa, y
 - b) La Red Geodésica Nacional Pasiva.
- II. La Red Geodésica Vertical, integrada por:
 - a) La Red Vertical, y
 - b) La Red Mareográfica.
- III. La Red Geodésica Gravimétrica.

Se establece que una misma Estación Geodésica en la superficie terrestre puede ser objeto de dos o tres tipos de redes simultáneamente, en tanto cumpla con las características requeridas a que se hace referencia en los artículos 14 y 17.

Artículo 6.- Los datos del Marco de Referencia Geodésico deberán estar documentados con metadatos conforme con la Norma Técnica vigente en el momento de documentarse.

Capítulo IV,

Especificaciones Técnicas.

Artículo 7.- Se adoptan para el Sistema Geodésico Nacional, las especificaciones conceptualizadas por la AIG, a través del GRS80 definido por estos parámetros:

| | | |
|---|----------------|--|
| Semieje Mayor | a | 6 378 137 m |
| Velocidad angular | ω | $7\,292\,115 \times 10^{-11}$ rad/seg |
| Constante gravitacional geocéntrica | GM | $3\,986\,005 \times 10^8$ m ³ /seg ² |
| Factor dinámico de forma no normalizado | J ₂ | $108\,263 \times 10^{-8}$ |

Las principales constantes geométricas y físicas asociadas son:

| | | |
|---|-----------------|----------------------|
| Semieje Menor | b | 6 356 752.314 1 m |
| Excentricidad lineal | E | 521 854.009 7 m |
| Radio polar | c | 6 399 593.625 9 m |
| Primera excentricidad al cuadrado | e ² | 0.006 694 380 022 90 |
| Segunda excentricidad al cuadrado | e' ² | 0.006 739 496 775 48 |
| Achatamiento | f | 0.003 352 810 681 18 |
| Recíproco del Achatamiento | f ⁻¹ | 298.257 222 101 |
| Cuadrante meridiano | Q | 10 001 965.729 3 m |
| Radio medio | R1 | 6 371 008.771 4 m |
| Radio de la esfera de la misma superficie | R2 | 6 371 007.181 0 m |
| Radio de la esfera del mismo volumen | R3 | 6 371 000.790 0 m |
| Gravedad Normal en el Ecuador | γ_e | 978 032.677 15 mGals |
| Relación de la aceleración centrífuga con respecto a la Gravedad Normal en el Ecuador | m' | 0.003 449 786 003 08 |

Artículo 8.- La posición horizontal de una Estación Geodésica (Figura 1), se representa por la Latitud Geodésica (ϕ), por la Longitud Geodésica (λ); en el caso de los Levantamientos tridimensionales, se podrá considerar la Altura Geodésica (h).

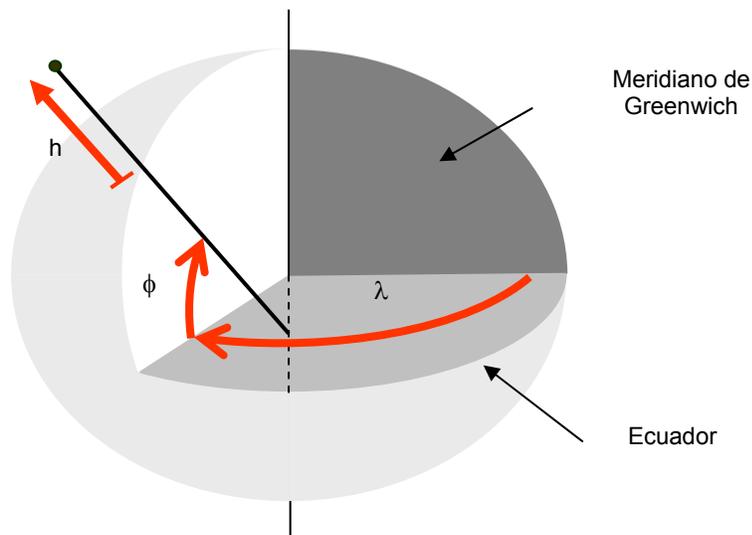


Figura 1. Coordenadas Geodésicas Curvilíneas

Artículo 9.- Se establece como sistema de referencia terrestre el ITRS, donde el origen es el centro de masa de la totalidad de la Tierra, incluyendo los océanos y la atmósfera; la unidad de longitud es el metro definido por el Sistema Internacional de Unidades, en un marco terrestre local, acorde con la teoría relativista de la gravitación; la orientación de los ejes coordenados es consistente con el sistema BIH para la época 1984.0, dentro de ± 3 milisegundos de arco; la evolución en el tiempo, con relación a la orientación, es tal que no existe rotación residual relativa con respecto a la corteza terrestre; el eje x pasa por la intersección del meridiano de referencia con el Ecuador; el eje y se escoge de tal forma que se tenga un sistema Dextrógiro; el eje z del sistema pasa por el Polo de Referencia Internacional.

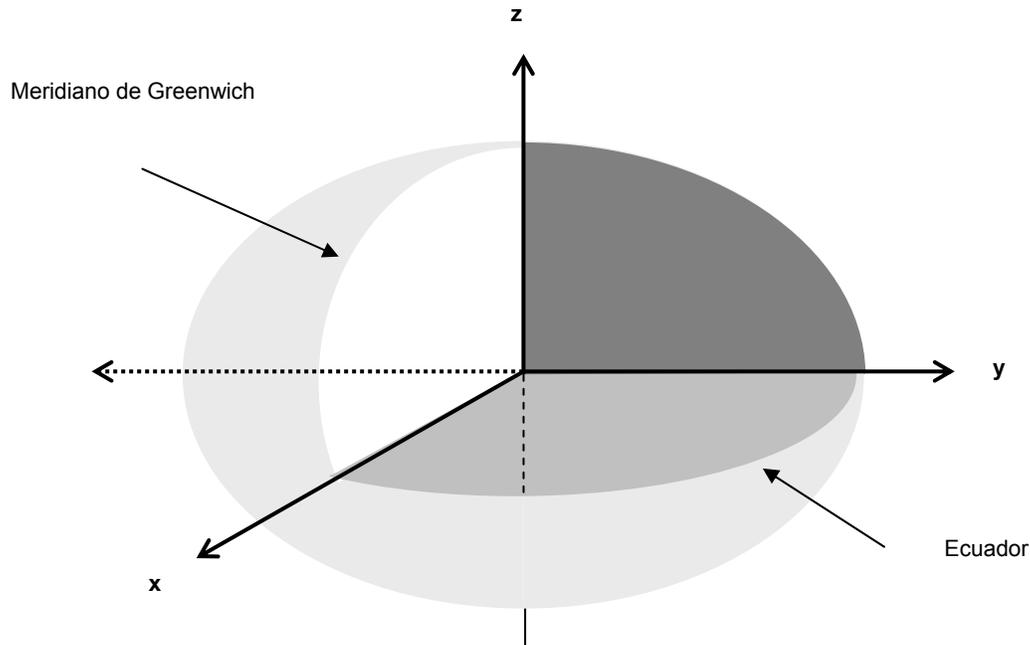


Figura 2. Coordenadas Cartesianas Tridimensionales

Artículo 10.- Toda Estación Geodésica perteneciente a un levantamiento geodésico horizontal, deberá estar referida al Marco de Referencia Terrestre Internacional definido por el Servicio Internacional de Rotación Terrestre y de Sistemas de Referencia para el año 2008, con datos de la época 2010.0, denominado ITRF08 época 2010.0, asociado al elipsoide de referencia definido en el GRS80. Este es el Marco de Referencia oficial para los Estados Unidos Mexicanos.

Desde el punto de vista cartográfico, el Sistema Geodésico Horizontal definido en esta Norma es compatible con el WGS84, así como SIRGAS, por lo que sólo en aquellos casos en que un proyecto tenga como requerimiento mejor exactitud posicional se deberá realizar la transformación de coordenadas de WGS-84 o SIRGAS al ITRF08 época 2010.0.

Artículo 11.- La RGNA deberá estar integrada por un conjunto de Estaciones Geodésicas que permitan propagar el Marco de Referencia Geodésico Horizontal, apoyando a los usuarios en sus levantamientos geodésicos, y constituyendo la base para el desarrollo de la RGNP.

Las Estaciones Geodésicas de la RGNA deberán encontrarse dentro del estándar de exactitud posicional de 5 centímetros, y registrar a intervalos de 15 segundos, durante las 24 horas del día, los datos de las frecuencias transmitidas por satélites del GNSS.

La denominación, datos y posición geodésica de cada una de las Estaciones Geodésicas de la RGNA estarán disponibles en el sitio del Instituto en Internet.

Artículo 12.- La RGNP deberá constituirse por Estaciones Geodésicas distribuidas a lo largo de los Estados Unidos Mexicanos que se establecerán sobre el terreno, mediante mojonearas, monumentos o partes de estructuras sólidas, con una placa metálica empotrada, que identifica ubicación precisa. La materialización

de Estaciones Geodésicas para las operaciones de densificación de la RGNP, deberán cumplir con lo siguiente:

- I. Las coordenadas que definen la posición de cada Estación Geodésica, deberán generarse a partir de levantamientos geodésicos, que emplean el GNSS y se encuentran vinculados a la RGNA, la cual, los dota de valores de posición referidos al ITRF08 época 2010.0;
- II. Los levantamientos que se hagan para la densificación de la RGNP, deberán estar vinculados a la RGNA en ITRF08 época 2010.0, y
- III. Las coordenadas e información general sobre las Estaciones Geodésicas de la RGNP, estarán disponibles en el sitio del INEGI en Internet.

Artículo 13.- Para las aplicaciones y estudios que requieran la conversión entre coordenadas geodésicas de latitud, longitud y altura geodésica (Figura 1) a coordenadas cartesianas tridimensionales (x, y, z) (Figura 2) y viceversa, ésta, se debe hacer con las fórmulas cerradas indicadas en la Tabla 2, empleando los parámetros correspondientes del GRS80.

| Geodésicas a Cartesianas | Cartesianas a Geodésicas |
|--|---|
| $X = (v + h) \cos \phi \cos \lambda$ $Y = (v + h) \cos \phi \operatorname{sen} \lambda$ $Z = ((1 - e^2)v + h) \operatorname{sen} \phi$ <p>En donde:</p> $v = \frac{a}{(1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \phi)^{3/2}}$ $e^2 = 2f - f^2$ $h \cong N + H$ | $\lambda = \tan^{-1} \frac{Y}{X}$ $\phi = \tan^{-1} \frac{(Z + e^2 a \operatorname{sen}^3 u / (1 - f))}{(p - e^2 \operatorname{sen}^3 u)}$ $h = p \cos \phi + Z \operatorname{sen} \phi - a(1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \phi)^{3/2}$ <p>En donde:</p> $p = (X^2 + Y^2)^{1/2}$ $u = \tan^{-1} \frac{Z(1 - f)}{p} \left[1 + \frac{e^2 a}{r(1 - f)} \right]$ $r = (p^2 + Z^2)^{1/2}$ |

Tabla 2

Artículo 14.- Para la transformación entre Sistemas de Referencia, los usuarios que lo requieran en sus aplicaciones, estudios e investigaciones, la transformación de coordenadas geodésicas ITRF92 época 1988.0 a ITRF08 época 2010.0 y viceversa, deberá realizarse mediante el uso de un programa de cómputo o modelo desarrollado por el Instituto, los cuales pueden consultarse en el sitio del mismo en Internet.

Artículo 15.- El Marco de Referencia Geodésico en su vertiente vertical adopta como nivel cero de referencia el determinado por el NAVD88, identificado por la estación geodésica ubicada en el mareógrafo de Rimouski, en Québec, Canadá.

Dicho Marco en su vertiente vertical se deberá materializar mediante levantamientos geodésicos verticales que comprendan 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. Para estos levantamientos es necesario considerar lo siguiente:

- I. El Marco de Referencia Geodésico Vertical de los Estados Unidos Mexicanos estará dado por el conjunto de Estaciones Geodésicas que constituirán la Red Geodésica Vertical, representándose por mojonearas, monumentos, o partes de estructuras sólidas, con una placa metálica empotrada, que identifica su tipo y ubicación y se encuentran distribuidas en el territorio nacional.
- II. Toda Estación Geodésica perteneciente a un Levantamiento Geodésico Vertical, deberá estar relacionado al nivel de referencia vertical, definido por el NAVD88, debiéndose expresar los valores de altura en metros en el sistema de Alturas Ortométricas (H) derivado de los números geopotenciales;
- III. En caso de que sólo se cuente con la altura geodésica (h), ésta, deberá de transformarse a Altura Ortométrica (H) mediante la generación de la Altura Geoidal N (Figura 3), a través del modelo geoidal

vigente, disponible en el Instituto. La relación entre Altura Elipsoidal, Ortométrica y Altura Geoidal está dada por: $H \cong h - N$.

- IV. Para los efectos del punto anterior, la Altura Geoidal N puede ser consultada en el sitio del INEGI en Internet.

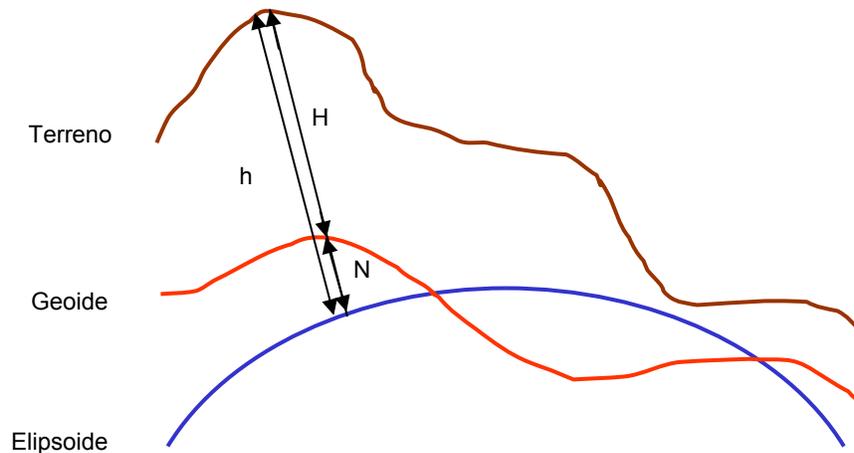


Figura 3. Superficies Fundamentales

Artículo 16.- El Marco de Referencia Geodésico en su vertiente Gravimétrica adopta como base a los valores de gravedad de la red IGSN71, a partir de los cuales se realiza la propagación de estaciones geodésicas de gravedad.

Dicho marco en su vertiente Gravimétrica deberá materializarse mediante Levantamientos Geodésicos Gravimétricos, que comprenden la medida de valores absolutos o relativos del valor de la gravedad de Estaciones Geodésicas situadas sobre o cerca de la superficie terrestre, con el propósito fundamental de determinar el campo gravimétrico externo existente y su relación e influencia con los levantamientos geodésicos horizontales y verticales. Para estos levantamientos es necesario considerar lo siguiente:

- I. Toda Estación Geodésica perteneciente a un levantamiento gravimétrico de propósito geodésico deberá estar referido a la IGSN71, de la cual los Estados Unidos Mexicanos forma parte, conformando así la Red Geodésica Gravimétrica;
- II. En caso de que se requiera determinar anomalías gravimétricas, éstas se deberán generar en función de los siguientes modelos matemáticos, en los cuales, se han considerado los parámetros y constantes geométricas y físicas derivadas del GRS80, conforme a las siguientes fórmulas:

- a) Anomalía gravimétrica:

$$\Delta g = g - \gamma + A$$

En donde:

Δg :

Anomalía de la Gravedad.

g :

Gravedad Observada.

$$\gamma = \gamma_e \frac{1 + 0.001931851353 \text{sen}^2 \phi}{\sqrt{1 - 0.0066943800229 \text{sen}^2 \phi}}$$

γ = Gravedad Normal en cualquier punto del Elipsoide.

γ_e = Gravedad Normal en el Ecuador.

$A = 0.8658 - 9.727 \times 10^{-5} H + 3.482 \times 10^{-9} H^2$ Corrección Atmosférica.
 ϕ : Latitud Geodésica.
 H: Altura Ortométrica.

b) Anomalía al Aire Libre:

$$\underline{\Delta g_{AL} = \Delta g + CAL}$$

En donde:

Δg_{AL} Anomalía al Aire Libre
 CAL: Corrección al Aire Libre.
 $CAL = 0.30868286904154(1.00001156648136 - 1,43396554277 \times 10^{-3} \text{sen}^2 \phi) H - 7.2125184 \times 10^{-8} H^2$

c) Anomalía de Bouguer Simple:

$$\underline{\Delta g_B = \Delta g_{AL} - CB}$$

En donde:

CB: Corrección de Bouguer Sencilla.
 $CB = 2\pi\rho_0 H^o(\Omega) = 0.1119H$

Y las expresiones [$H^o(\Omega)$] y H se refieren a la Altura Ortométrica, y ρ_0 es la densidad promedio en el punto considerado.

d) Anomalía de Bouguer Completa:

$$\underline{\Delta g_{CB} = \Delta g_B + CT}$$

En donde:

CT o corrección topográfica está dada por:

$$CT = \frac{GM\rho R^2}{2} \iint_{\sigma} \frac{(H - H_p)}{l_0^3} d\sigma$$

GM Constante Gravitacional Geocéntrica.
 $\rho = 2.67 \text{ gcm}^{-3}$; Densidad promedio de la Tierra.
 R1: Radio medio.
 H_p : Altura Ortométrica promedio.

$$l_0 = 2R \text{sen} \frac{\Psi}{2}$$

$$\text{sen} \frac{\Psi}{2} = \left[\text{sen}^2 \frac{\phi_p - \phi}{2} + \text{sen}^2 \frac{\lambda_p - \lambda}{2} \left(\cos^2 \phi_m - \text{sen}^2 \frac{\phi_p - \phi}{2} \right) \right]$$

En donde:

Φ_p es la latitud del punto de cálculo y Φ_m es la latitud media.

Artículo 17.- El Instituto integrará la información de las estaciones geodésicas de los levantamientos geodésicos realizados por las Unidades del Estado que cumplan con las disposiciones técnicas de la presente Norma, la información deberá remitirse a la Dirección General de Geografía y Medio Ambiente para fines de evaluación e incorporación, al grupo de datos del Marco de Referencia Geodésico.

Capítulo V,

Interpretación

Artículo 18.- La aplicación e interpretación de la presente Norma Técnica, para efectos administrativos y técnicos corresponderá a la Dirección General de Geografía y Medio Ambiente del INEGI, quien resolverá los casos no previstos por la misma y propondrá su actualización ante las instancias competentes.

TRANSITORIOS

PRIMERO.- La Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO.- Las Unidades del Estado deberán adoptar el marco de referencia geodésico en su vertiente horizontal y gravimétrica con las disposiciones de la presente Norma en un plazo no mayor a un año y en su vertiente vertical en un plazo no mayor a 5 años, a partir de la entrada en vigor de la misma.

TERCERO.- Quedan sin efecto las disposiciones relativas al Sistema Geodésico Nacional, contenidas en las Normas Técnicas para Levantamientos Geodésicos, publicadas el 1 de abril de 1985, así como las referidas en el Acuerdo que las reforma y adiciona, publicado el 27 de abril de 1998, que contravengan lo dispuesto en la presente Norma Técnica.

La Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional, se aprobó en términos del Acuerdo No. 12a/XVI/ 2010, aprobado en la Décima Segunda Sesión de 2010 de la Junta de Gobierno del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, celebrada el 9 de diciembre de dos mil diez.- Presidente, Eduardo Sojo Garza Aldape; Vicepresidentes: Enrique de Alba Guerra, José Antonio Mejía Guerra, Mario Palma Rojo, María del Rocío Ruiz Chávez.- Rúbricas.

Aguascalientes, Ags., a 16 de diciembre de 2010.- Hace constar lo anterior el Director General Adjunto de Asuntos Jurídicos, **Jorge Ventura Nevares**, en ejercicio de la atribución que le confiere lo dispuesto por la fracción IV, del artículo 46 del Reglamento Interior del Instituto Nacional de Estadística y Geografía.- Rúbrica.

(R.- 318637)

ACUERDO por el que aprueba la Norma Técnica de Estándares de Exactitud Posicional.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Instituto Nacional de Estadística y Geografía.- Junta de Gobierno.

Con fundamento en lo dispuesto en los artículos 26 del Apartado B de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 17 fracción III, 26, 27, 30 fracciones III y IV, 32 fracciones I y II, 55 fracciones I y II, 57, 58 y 77 fracción VIII de la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica; 5 fracción VIII, 24 fracción XIII del Reglamento Interior del Instituto; así como, lo previsto, en la Regla Séptima fracciones III, IV, VII, VIII y XII de las Reglas para la Integración y Operación de los Comités Ejecutivos de los Subsistemas Nacionales de Información, y

CONSIDERANDO

Que el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en su carácter de organismo público con autonomía técnica y de gestión, personalidad jurídica y patrimonio propios, tiene por objeto, entre otros, regular el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, cuya finalidad es suministrar a la sociedad y al Estado información de calidad, pertinente, veraz y oportuna, a efecto de coadyuvar al desarrollo nacional;

Que el Instituto, en su calidad de unidad central coordinadora del Sistema, tiene entre sus funciones, las de normar y coordinar el Sistema y las Actividades Estadísticas y Geográficas, que lleven a cabo las Unidades

del Estado, tomando en cuenta los estándares nacionales e internacionales, así como las mejores prácticas en la materia;

Que la Geodesia, como ciencia que trata los aspectos relativos a la referenciación de los objetos que se encuentran sobre o cerca de la superficie terrestre, resulta ser el elemento básico que permite ubicar los datos y productos estadísticos y geográficos generados por las Unidades del Estado, ya sea por sí mismas o por conducto de terceros;

Que con la presente Norma, se establecen las especificaciones que permitirán a los usuarios de datos e información geográfica que el acervo puesto a su disposición por los productores o Unidades del Estado, sea integrado con facilidad en sus procesos de producción y en los de toma de decisiones; asimismo, se busca que las Unidades del Estado, al generar e intercambiar datos e información geográfica, muestren consistencia, compatibilidad y comparación en sus procesos, como resultado de la estandarización en la comunicación dentro del Sistema.

Por lo anterior, la Junta de Gobierno del Instituto Nacional de Estadística y Geografía tiene a bien emitir la siguiente:

NORMA TECNICA DE ESTANDARES DE EXACTITUD POSICIONAL

Capítulo I,

Objeto.

Artículo 1.- La presente Norma Técnica tiene por objeto establecer las disposiciones mínimas referentes a los estándares de exactitud posicional que deberán adoptarse para todo trabajo de levantamiento de posicionamiento de rasgos ubicados sobre o cerca de la superficie de la Tierra dentro del Territorio Nacional, realizadas por el Instituto y las Unidades del Estado que integran el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, ya sea por sí mismas o por terceros, así como promover su armonización y homogeneidad.

Capítulo II,

Ambito de Aplicación.

Artículo 2.- La presente Norma Técnica es de observancia obligatoria para el Instituto y para las Unidades del Estado que realizan Levantamientos por sí mismas o por terceros cuando estas últimas les encomienden dicha actividad.

Capítulo III,

Disposiciones Generales.

Artículo 3.- Para efectos de la presente Norma Técnica se entenderá por:

- I. **Altura.-** la distancia de un punto, entre una superficie de referencia, medida a lo largo de la dirección perpendicular a dicha superficie y el punto;
- II. **Altura geodésica (h) o altura elipsoidal.-** la distancia entre un punto y el Elipsoide de referencia, medida a lo largo de la perpendicular que va del Elipsoide hasta el punto. Tal distancia siempre será positiva hacia arriba del Elipsoide;
- III. **Cartografía.-** la representación en cartas de la información geográfica;
- IV. **Coordenadas.-** el conjunto de n números que designan la posición de un punto en un espacio n-dimensional;
- V. **Desviación estándar (σ)-** la medida de dispersión, alrededor del promedio de una cantidad evaluada normalmente mediante la expresión:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - X')^2}{n - 1}}$$

en donde:

X = valor de cada una de las observaciones;

X' = promedio de dichas observaciones, y

n = cantidad de observaciones.

- VI. Elipsoide.-** el sólido geométrico generado por la rotación de una elipse alrededor de uno de sus ejes;
- VII. Elipsoide de referencia.-** el elipsoide empleado geoméricamente como la mejor aproximación local o global de la forma de la Tierra;
- VIII. Estándar.-** la especificación que regula la realización de ciertos procesos o la fabricación de componentes para garantizar la interoperabilidad;
- IX. Exactitud.-** el grado de cercanía de una cantidad estimada, tal como una coordenada horizontal o una altura, con respecto a su valor verdadero;
- X. Exactitud de posicionamiento horizontal.-** la exactitud referida a la posición horizontal de un determinado punto o conjunto de puntos en términos de sus coordenadas de latitud y longitud o de sus coordenadas rectangulares;
- XI. Exactitud de posicionamiento vertical.-** 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;
- XII. Instituto o INEGI.-** el Instituto Nacional de Estadística y Geografía;
- XIII. Latitud geodésica o latitud.-** el ángulo que la normal al Elipsoide en un punto cualquiera forma con el plano del Ecuador, positivo si está dirigido hacia el Norte;
- XIV. Levantamiento.-** el conjunto de procedimientos y operaciones de campo y gabinete orientadas a la determinación de coordenadas horizontales o verticales;
- XV. Levantamiento geodésico.-** 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;
- XVI. 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;
- XVII. 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;
- XVIII. Longitud geodésica o longitud.-** el ángulo diedro comprendido entre el meridiano de referencia terrestre y el plano del meridiano que contiene el punto, positivo si está dirigido hacia el Este;
- XIX. Metadatos.-** los datos estructurados que describen las características de contenido, calidad, condición, acceso y distribución de la información estadística o geográfica;
- XX. Modelo geoidal.-** la superficie equipotencial que mejor coincide en el sentido de mínimos cuadrados con el nivel medio del mar;
- XXI. Norma.-** la Norma Técnica de Estándares de Exactitud Posicional;

- XXII. Precisión.-** el grado de cercanía entre sí de mediciones repetitivas de una misma cantidad con respecto a su valor medio;
- XXIII. Red Geodésica Nacional.-** la compuesta por estaciones geodésicas, horizontales, verticales y gravimétricas distribuidas de forma homogénea en el territorio nacional;
- XXIV. Red Geodésica Nacional Activa.-** la parte de la Red Geodésica Horizontal, conjunto de estaciones geodésicas receptoras del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) distribuidas en los Estados Unidos Mexicanos, las cuales son de operación continua y permiten propagar el Marco de Referencia Geodésico Horizontal apoyando a los usuarios en sus levantamientos geodésicos, y constituyendo la base para el desarrollo de la Red Geodésica Nacional Pasiva (RGNP);
- XXV. Red Geodésica Nacional Pasiva.-** la constituida por vértices geodésicos distribuidos en los Estados Unidos Mexicanos, que están materializados sobre el terreno, mediante monumentos de concreto y/o roca sana con una placa metálica empotrada que identifica al punto. Las coordenadas que definen su posición han sido generadas a partir de levantamientos geodésicos a través del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS), dándoles valores de posición referidas al elipsoide GRS80;
- XXVI. Superficie equipotencial.-** la superficie de potencial constante. Denominada también superficie de nivel, y
- XXVII. Vértice geodésico, punto o estación geodésica.-** cualquier ubicación para la cual se han determinado o se determinarán sus coordenadas.

Artículo 4.- Para la comprensión de esta Norma Técnica se describen las siglas o acrónimos siguientes:

- I. **CEP:** Círculo de Error Probable;
- II. **EPV:** Exactitud de Posicionamiento Vertical;
- III. **GNSS:** Global Navigation Satellite System (Sistema Global de Navegación por Satélite);
- IV. **RGNA:** Red Geodésica Nacional Activa;
- V. **RGNP:** Red Geodésica Nacional Pasiva, y
- VI. **VLBI:** Very Long Baseline Interferometry (Interferometría de Línea Base Muy Larga).

Artículo 5.- Los datos de los Estándares de Exactitud Posicional deberán estar documentados con metadatos conforme con la Norma Técnica vigente en el momento de documentarse.

Capítulo IV,

Especificaciones Técnicas.

Artículo 6.- El estadístico empleado para representar la exactitud de posicionamiento horizontal de un punto en el intervalo de confianza del 95% se expresa mediante la siguiente relación:

$$CEP_{95} = 1.2238 (\sigma_{\phi} + \sigma_{\lambda}).$$

En donde:

σ_{ϕ} = desviación estándar de la latitud, en metros y

σ_{λ} = desviación estándar de la longitud, en metros.

Artículo 7.- El estadístico empleado para representar la EPV de una altura en el intervalo de confianza del 95% se obtiene multiplicando la desviación estándar de la Altura Geodésica u Ortométrica por un factor de expansión de 1.9600:

$$EPV = 1.9600\sigma.$$

Artículo 8.- Para la clasificación de los órdenes de Exactitud Posicional Horizontal, en la Tabla 1 se presentan los órdenes de exactitud en función de los rangos aplicables para la catalogación de los trabajos de posicionamiento. Los órdenes de exactitud deben ser considerados durante la etapa de diseño o preanálisis del levantamiento, así como en la fase de evaluación del proyecto de posicionamiento.

| Órdenes de Exactitud | Rango |
|----------------------|-----------------------------|
| 1 centímetro | Hasta 0.010 metros |
| 2 centímetros | De 0.011 a 0.020 metros |
| 5 centímetros | De 0.021 a 0.050 metros |
| 1 decímetro | De 0.051 a 0.100 metros |
| 2 decímetros | De 0.101 a 0.200 metros |
| 5 decímetros | De 0.201 a 0.500 metros |
| 1 metro | De 0.501 a 1.000 metros |
| 2 metros | De 1.001 a 2.000 metros |
| 5 metros | De 2.001 a 5.000 metros |
| 10 metros | De 5.001 a 10.000 metros |
| 20 metros | De 10.001 a 20.000 metros |
| 50 metros | De 20.001 a 50.000 metros |
| 100 metros | De 50.001 a 100.000 metros |
| 200 metros | De 100.001 a 200.000 metros |
| 500 metros | De 200.001 a 500.000 metros |

Tabla 1. Ordenes de Exactitud Posicional Horizontal

Dependiendo de los requerimientos de exactitud de un levantamiento en particular se podrá catalogar un punto en un orden de exactitud.

Artículo 9.- El orden de exactitud posicional horizontal para la Red Geodésica Nacional deberá observar las especificaciones siguientes:

- I. **Orden de 5 centímetros.-** Deberá aplicarse a los trabajos encaminados a establecer el sistema geodésico de referencia nacional fundamental RGNA, así como a cualquier levantamiento geodésico que requiera una exactitud posicional en este orden;
- II. **Orden de 1 decímetro.-** Se destinará a levantamientos geodésicos de densificación del sistema de referencia geodésico nacional básico, así como a cualquier levantamiento geodésico que requiera una exactitud posicional en este orden. Los trabajos que se hagan dentro de este orden podrán incorporarse a la RGNP.

Podrán incorporarse a la RGNP estaciones geodésicas que cuenten con un orden de 2 o 5 decímetros, dependiendo de las necesidades de exactitud del proyecto y del Servicio Público de Información.

Las estaciones geodésicas deberán incorporarse a la RGNP cuando cumplan las especificaciones de la norma vigente del sistema geodésico nacional, podrán estar en alguno de los 3 órdenes; 1 decímetro, 2 decímetros o 5 decímetros y deberán identificarse con su orden de exactitud correspondiente.

Artículo 10.- Para la clasificación de los Ordenes de EPV, en la Tabla 2 se indica la clasificación de dichos órdenes como sigue:

| Orden | Clase | Error de cierre entre secciones | Error de cierre de la línea | Separación entre líneas |
|---------|-------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Primero | I | 3mm√K | 4mm√K | 100 a 300 km |
| Primero | II | 4mm√K | 5mm√K | 50 a 100 km |
| Segundo | I | 6mm√K | 6mm√ | 20 a 50 km |
| Segundo | II | 8mm√K | 8mm√K | 10 a 25 km |
| Tercero | | 12mm√K | 12mm√K | AJUSTABLE |

K = longitud en km de la sección y la línea

Tabla 2. Ordenes de EPV

Artículo 11.- Para las aplicaciones de los Ordenes de EPV se deberán observar las especificaciones siguientes:

- I. **Primer Orden, Clases I y II.-** Los levantamientos geodésicos verticales que se hagan dentro de este orden deberán destinarse al establecimiento de la red geodésica vertical primaria o fundamental del país, así como a cualquier levantamiento geodésico vertical que requiera dicho orden.
- II. **Segundo Orden, Clase I.-** Deberá aplicarse al establecimiento de la red geodésica vertical secundaria a modo de densificación, así como a cualquier levantamiento geodésico vertical que requiera dicho orden.
- III. **Segundo Orden, Clase II y Tercer Orden.-** Deberá aplicarse a densificación de las redes así como a cualquier levantamiento vertical que requiera dicho orden.

Artículo 12.- Nivelación GNSS y Trigonométrica.- Se deberán realizar circuitos cerrados efectuando un proceso de ajuste de mínimos cuadrados.

Para el caso de Nivelación GNSS la desviación estándar de cada punto denominada σ_{GNSS} y la desviación estándar del modelo de alturas geoidales determinado y publicado por el INEGI en su sitio de Internet denominada σ_N , serán utilizadas para obtener el EPV conforme a la siguiente fórmula:

$$EPV = 1.9600 (\sigma_{GNSS}^2 + \sigma_N^2)^{1/2}$$

Para el caso de Nivelación Trigonométrica la desviación estándar σ de cada punto será utilizada para obtener el EPV conforme a la siguiente fórmula:

$$EPV = 1.9600\sigma.$$

Capítulo V,

Interpretación.

Artículo 13.- La aplicación e interpretación de la presente Norma Técnica, para efectos administrativos y técnicos corresponderá a la Dirección General de Geografía y Medio Ambiente del INEGI, quien resolverá los casos no previstos por la misma y propondrá su actualización ante las instancias competentes.

TRANSITORIOS

PRIMERO.- La Norma Técnica de Estándares de Exactitud Posicional entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO.- Las Unidades del Estado deberán adoptar los estándares de exactitud posicional con las disposiciones de la presente Norma en un plazo no mayor a un año, a partir de la entrada en vigor de la misma.

TERCERO.- Quedan sin efecto todas aquellas disposiciones relativas al Sistema Geodésico Nacional y las correspondientes especificaciones contenidas en las Normas Técnicas para Levantamientos Geodésicos, publicadas el 1 de abril de 1985, así como las referidas en el Acuerdo que las reforma y adiciona, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 27 de abril de 1998 y todas aquellas disposiciones que contravengan lo dispuesto en la presente Norma Técnica.

CUARTO.- Con el propósito de interpretar correctamente lo expresado en este documento, en la Tabla 4 se señalan las equivalencias de los Ordenes de Exactitud Posicional de la presente Norma Técnica en comparación con los órdenes de precisión establecidos en los años de 1985 y 1998.

| Ordenes de Exactitud (2005) | Ordenes de Precisión (1985 y 1998) |
|--|---|
| 1 centímetro | Sin equivalencia |
| 2 centímetros | AA |
| 5 centímetros | A |
| 1 decímetro | B |
| 2 decímetros | 1er. Orden |
| 5 decímetros | 2o. Orden, Clase uno |
| 1 metro | 2o. Orden, Clase dos |
| 2 metros | 3er. Orden, Clase uno |
| 5 metros | 3er. Orden, Clase dos |
| 10 metros | Sin equivalencia |
| 20 metros | Sin equivalencia |
| 50 metros | Sin equivalencia |
| 100 metros | Sin equivalencia |
| 200 metros | Sin equivalencia |
| 500 metros | Sin equivalencia |

Tabla 4. Equivalencia entre Ordenes de Exactitud y Precisión

La Norma Técnica de Estándares de Exactitud Posicional, se aprobó en términos del Acuerdo No. 12a./XVII/2010, aprobado en la Décima Segunda Sesión de 2010, de la Junta de Gobierno del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, celebrada el 9 de diciembre de dos mil diez.- Presidente, Eduardo Sojo Garza Aldape; Vicepresidentes: Enrique de Alba Guerra, José Antonio Mejía Guerra, Mario Palma Rojo, María del Rocío Ruiz Chávez.- Rúbricas.

Aguascalientes, Ags., a 16 de diciembre de 2010.- Hace constar lo anterior el Director General Adjunto de Asuntos Jurídicos, **Jorge Ventura Nevares**, en ejercicio de la atribución que le confiere lo dispuesto por la fracción IV, del artículo 46 del Reglamento Interior del Instituto Nacional de Estadística y Geografía.- Rúbrica.

(R.- 318635)