

**Norma Técnica para la Generación de
Modelos Digitales de Elevación con fines
geográficos**



INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y GEOGRAFIA

ACUERDO por el que se aprueba la Norma Técnica para la Generación de Modelos Digitales de Elevación con fines geográficos.

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

CONSIDERANDO

Que el Apartado B del artículo 26 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos determina que el Estado contará con un Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG), cuyos datos serán considerados oficiales y además de uso obligatorio para la Federación, los estados, el Distrito Federal y los Municipios, en los términos que establezca la ley;

Que el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), tiene entre sus funciones, las de normar y coordinar el SNIEG, así como las Actividades Estadísticas y Geográficas que lleven a cabo las Unidades del Estado, tomando en cuenta los estándares nacionales e internacionales y las mejores prácticas en la materia;

Que los Modelos Digitales de Elevación forman parte del grupo de datos del relieve continental, insular y submarino del Subsistema Nacional de Información Geográfica y del Medio Ambiente, uno de los componentes del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica;

Que los Modelos Digitales de Elevación son una estructura numérica de datos que contiene los valores de elevación de las formas del relieve terrestre como son las montañas, planicies, cañones, talud y plataforma continental, fosas, depresiones, dorsales y mesetas, así como de los objetos naturales y artificiales presentes sobre el relieve, que permiten modelar estos espacios geográficos para conocer aspectos tales como alturas, profundidades, pendientes, secciones, desniveles, volúmenes y delimitación de cuencas con el fin de coadyuvar al desarrollo de México y a la generación del conocimiento y estudio de las formas del relieve como un factor determinante en las condiciones físico ambientales, recursos naturales, diseño de infraestructura y, en su caso, atender emergencias o catástrofes originadas por desastres naturales;

Que el uso de los Modelos Digitales de Elevación, es información geográfica esencial en la planeación y desarrollo del ordenamiento territorial de México para la toma de decisiones concertadas de los actores sociales, económicos, políticos y técnicos para la ocupación ordenada y uso sostenible del territorio, evaluar el uso del suelo, así como preservar y restaurar el equilibrio ecológico y del medio ambiente;

Que con la presente Norma, se establecen las especificaciones aplicables a los Modelos Digitales de Elevación que se generen del relieve continental, insular y submarino conforme los métodos y procedimientos empleados para tal fin;

Que con esta Norma permitirá 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;

Que esta Norma Técnica considera las aportaciones derivadas de la consulta pública realizada a generadores y usuarios de información de Modelos Digitales de Elevación, y cuenta con la aprobación del Comité Ejecutivo del Subsistema de Información Geográfica y del Medio Ambiente, por lo que los miembros de la Junta de Gobierno del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, han tenido a bien emitir la siguiente:

NORMA TÉCNICA PARA LA GENERACIÓN DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN CON FINES GEOGRÁFICOS

Capítulo I,

Disposiciones Generales.

Artículo 1.- La presente Norma Técnica tiene por objeto establecer las disposiciones para armonizar y normalizar la generación de Información Geográfica a través de Modelos Digitales de Elevación que se incorpore al Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica.

Artículo 2.- La presente Norma Técnica es para propósitos geográficos y de observancia obligatoria para las Unidades del Estado que intervengan o participen en la generación de Información Geográfica a través de Modelos Digitales de Elevación, realizados por sí mismas o por terceros cuando éstas les encomienden dichas actividades.

Esta Norma Técnica deberá aplicarse para los Modelos Digitales de Elevación que se realicen del relieve continental, insular y submarino, así como el que se encuentre bajo cuerpos de agua interior o continental.

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

- I. **Altimetría.-** el estudio que permite describir la superficie de un terreno a partir de la medida de las alturas;
- II. **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;
- III. **Batimetría.-** el estudio que permite describir la configuración de los fondos marino y lacustre, determinada por análisis de datos de profundidad;
- IV. **Elipsoide.-** el sólido geométrico generado por la rotación de una elipse alrededor de uno de sus ejes;
- V. **Estructura ráster.-** la estructura digital de datos definida por una cuadrícula distribuida de forma regular conformada por píxeles que contienen un valor de atributo particular en cada uno de ellos;
- VI. **Exactitud.-** el grado de cercanía de una cantidad estimada, tal como una coordenada horizontal o una altura, con respecto a su valor verdadero;
- VII. **Instituto.-** El Instituto Nacional de Estadística y Geografía;
- VIII. **Información Geográfica.-** al conjunto organizado de datos espaciales georreferenciados, que mediante símbolos y códigos genera el conocimiento acerca de las condiciones físico-ambientales, de los recursos naturales y de las obras de naturaleza antrópica del territorio nacional;
- IX. **Metadatos.-** los datos estructurados que describen las características de contenido, calidad, condición, acceso y distribución de la información estadística o geográfica;
- X. **Modelo Digital de Elevación.-** la estructura numérica digital definida por la distribución regular y espacial de los valores de altura de las formas del relieve terrestre con respecto a un nivel de referencia o nivel medio del mar;
- XI. **Modelo Digital de Superficie.-** la estructura numérica de los valores de altura de las formas del relieve terrestre con respecto a un nivel de referencia o nivel medio del mar en la cual también se incluyen los valores de los objetos presentes sobre el relieve como pueden ser los referentes a la vegetación, naufragios, obstrucciones, edificaciones e infraestructura;

- XII. Modelo Digital del Terreno.-** la estructura numérica de los valores de altura de las formas del relieve terrestre con respecto a un nivel de referencia o nivel medio del mar sin considerar los objetos presentes sobre el relieve, es decir, habiendo removido los valores de los elementos naturales y los hechos por el hombre;
- XIII. Nivel medio del mar.-** el nivel promedio de la superficie del mar sobre todas las etapas de la marea;
- XIV. Norma.-** la Norma Técnica para la Generación de Modelos Digitales de Elevación con fines geográficos;
- XV. Poste de un MDE.-** el punto que corresponde en posición espacial con el que define el cruce de las líneas que forman una retícula regular de un MDE;
- XVI. Relieve.-** las formas que tiene o adquiere la corteza terrestre en su parte exterior, las cuales pueden estar emergidas o sumergidas, es decir, al fondo del mar o de cuerpos de agua;
- XVII. Remuestreo.-** el proceso para modificar la cantidad de datos de una imagen digital al cambiar las dimensiones del píxel mediante un método de interpolación en los valores temáticos asociados a los píxeles y cuyo resultado es una nueva imagen digital con dimensiones del píxel de menor o mayor tamaño y con un nuevo valor temático asociado;
- XVIII. Representación espacial.-** la manera de representar los objetos espaciales en una estructura de datos para incorporarlos en un ambiente digital y pueden ser estructuras de tipo vector y ráster;
- XIX. Resolución horizontal.-** las medidas que se tienen en el plano horizontal (x-y) de la unidad mínima de información establecida para los datos con estructura ráster;
- XX. Resolución vertical.-** la medida de la distancia mínima que se tiene en el plano vertical de un punto entre una superficie de referencia a lo largo de la dirección perpendicular a dicha superficie y el punto;
- XXI. Reticula regular.-** el conjunto de líneas virtuales que se cruzan de manera equidistante entre sí;
- XXII. Píxel.-** el elemento bidimensional con forma cuadrada o rectangular que corresponde al elemento mínimo de una imagen digital en una estructura de datos Ráster, al que se le asocia un atributo o valor temático y una posición espacial, y
- XXIII. Unidades del Estado.-** 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:
- 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;
 - Los poderes Legislativo y Judicial de la Federación;
 - Las entidades federativas y los municipios;
 - Los organismos constitucionales autónomos, y
 - Los tribunales administrativos federales.

Cuando el Instituto genere Información Geográfica se considerará como Unidad para efectos de la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica y de la Norma.

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

- EPV:** Exactitud de Posicionamiento Vertical;
- MDE:** Modelo Digital de Elevación;
- MDS:** Modelo Digital de Superficie;
- MDT:** Modelo Digital de Terreno; y

Artículo 5.- Los Modelos Digitales de Elevación deberán estar documentados conforme a la Norma Técnica para la elaboración de Metadatos Geográficos, los metadatos deberán hacerse públicos por parte de las Unidades del Estado para que los usuarios internos y externos conozcan su existencia y puedan consultarlos.

Capítulo II,

Especificaciones Técnicas.

Artículo 6.- Los datos o puntos con valores de elevación y posición espacial recolectados que se obtengan para la generación de los Modelos Digitales de Elevación para el relieve continental, insular y submarino, deberán ser adquiridos por métodos directos o indirectos, en donde los primeros permiten obtener o captar los datos de la medida de altura o profundidad directamente de las formas del relieve y de los objetos o elementos presentes en el mismo, a partir del uso de equipos especializados para captación de datos de altimetría o batimetría.

En los métodos indirectos no se obtienen los datos de la medida de altura o profundidad directamente del relieve debido a la dificultad o problemas de acceder o medir de manera directa en la zona de estudio o debido a la presencia de elementos que impiden medir directamente la superficie del relieve o bien por la afectación de factores del agua tales como temperatura, densidad, salinidad y presión, que impiden obtener una medida directa del relieve sumergido, es por ello que se utilizan datos o información preexistentes o que contiene parcialmente información del relieve.

Los datos de altura o profundidad que se obtengan de la aplicación de los anteriores métodos deberán considerar los aspectos de representatividad conforme al elemento del que fueron medidos o captados para que con ellos se pueda generar un MDS y el MDT de un mismo espacio geográfico.

En los metadatos para el MDE deberá indicarse el método empleado, el equipo utilizado en la obtención de los puntos con valores de elevación recolectados, así como la precisión obtenida de los mismos para la generación de los Modelos Digitales de Elevación.

Artículo 7.- La resolución horizontal o espaciado entre cada poste de un MDE deberá estar acorde al nivel de representación de los detalles del relieve en la que vaya a ser aplicado el MDE. En la elaboración del MDE, los valores de elevación asignados al píxel resultarán del procesamiento de los datos de elevación con una densidad y distribución geométrica variable o irregular y que no necesariamente corresponderán en posición con las intersecciones de la retícula regular.

- I. La resolución de un MDE deberá estar acorde con la densidad y distribución geométrica de los puntos con valores de elevación recolectados o generados, mediante métodos directos o indirectos y que darán origen al MDE, esto con el fin de establecer la resolución adecuada en el archivo de estructura ráster, ya que la resolución será la precisión del detalle de las formas del relieve representado en cada píxel que integrará el MDE, la cual deberá tener una relación directa con las dimensiones o tamaño que se le proporcione al píxel, por ello, para generar un modelo es necesario que la distribución geométrica de los puntos que darán origen al mismo tenga una separación entre un punto y el siguiente punto de cuando menos las dimensiones o tamaño de píxel a la que se generará el modelo;
- II. Si se realiza un remuestreo del MDE para modificar la cantidad de datos o para cambiar las dimensiones del píxel, este proceso deberá hacerse tomando en cuenta la resolución inicial con la que fue elaborado, ya que el remuestreo no deberá dar como resultado un MDE cuya resolución resultante sea mayor a la del MDE inicial, ya que éste se generará conforme lo expuesto en la fracción I de este artículo;
- III. La resolución entre las intersecciones de la retícula regular deberá ser en unidades de metro para el caso del MDE en coordenadas cartesianas de proyección, la posición de cada punto de la retícula regular, en X o Y, deberá ser un múltiplo de la resolución empleada, y en segundos de arco para el MDE en coordenadas geográficas, la posición en ϕ o λ de cada punto deberá ser un múltiplo de la resolución empleada, y
- IV. La resolución horizontal definida para los Modelos Digitales de Elevación generados deberá indicarse en los metadatos.

Artículo 8.- La resolución vertical deberá tener relación con los valores asignados de origen a los puntos de la retícula regular, y es aplicable, en el caso de los Modelos Digitales de Elevación, a la capacidad para distinguir variaciones de altura entre estos puntos de elevación.

La resolución vertical definida para los Modelos Digitales de Elevación deberá incluirse en los metadatos.

Artículo 9.- En cuanto a los sistemas de referencia, los Modelos Digitales de Elevación deberán cumplir con la Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional, por lo que los valores de la altura o profundidad deberán estar con referencia al nivel medio del mar, en metros o fracciones de metro y deberán estar referidos al nivel de referencia vertical definido por la Norma. Cada píxel del MDE deberá estar referenciado horizontalmente a un sistema de coordenadas de proyección o geográficas y en ambos casos el marco de referencia y el elipsoide asociado deberán ser los establecidos por la normatividad vigente.

Los datos del sistema de referencia tanto vertical como horizontal deberán anotarse en los metadatos del MDE y, en su caso, deberán anotarse la proyección cartográfica, los nombres y los valores de los parámetros empleados.

Artículo 10.- El sistema de coordenadas que deberá emplearse en un MDE podrá ser en dos tipos:

- I. Los Modelos Digitales de Elevación en un sistema de coordenadas cartesianas de proyección, referido a una división cartográfica para conformar conjuntos de datos, que facilitan su generación y el control de cobertura territorial del país, forman un cuadrilátero trapezoidal, cuyos lados en la dirección de los meridianos no son paralelos debido a los efectos de la convergencia de los meridianos. La figura 1 ilustra lo expuesto. Por esta razón un MDE elaborado en coordenadas cartesianas (X,Y) deberá asegurar el cubrimiento de la división cartográfica o área a modelar mediante áreas de excedencia entre modelos, las cuales deberán contener sus correspondientes valores de elevación. Los valores de las coordenadas cartesianas para estos modelos deberán ser en unidades de metro.

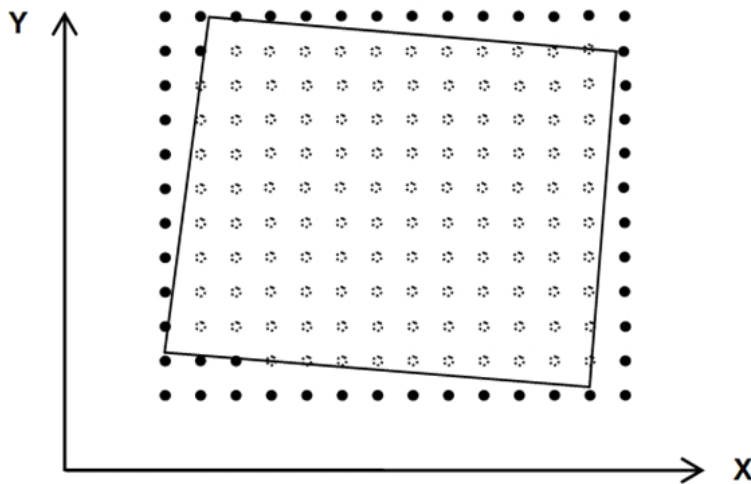


Figura 1. El esquema muestra, con exageración, el cubrimiento de un MDE elaborado en coordenadas cartesianas.

- II. Para el caso de un MDE referido a una división cartográfica en coordenadas geográficas, la distribución de los datos deberá ser congruente con la forma de los cuadrángulos de la superficie elipsoidal, tal como se muestra en la siguiente figura 2. Los valores de las coordenadas para estos modelos deberán ser en unidades de segundos de arco.

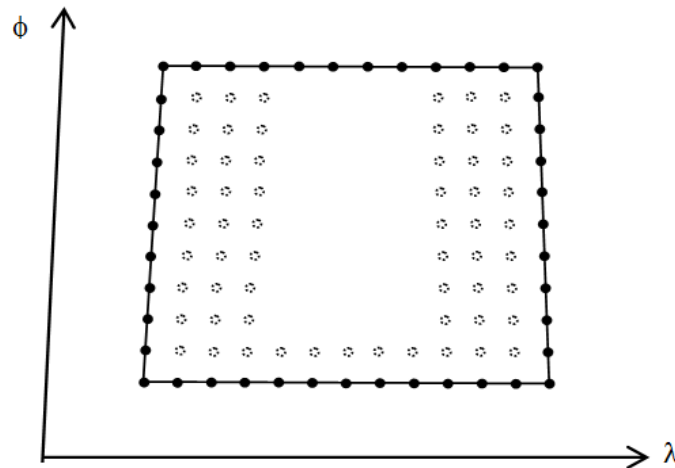


Figura 2. El esquema muestra, con exageración, el cubrimiento de un MDE elaborado en coordenadas geográficas.

Artículo 11.- La adyacencia en un MDE deberá tener continuidad lógica en los datos de elevación y posición con los de otro MDE contiguo, esto si las características de los sistemas de referencia, proyección y resolución son las mismas y cumplan con lo estipulado en los artículos 7, 8, 9 y 10 de la Norma. Es decir, deberá asegurarse que cada píxel de un MDE que se comparte en posición entre Modelos Digitales de Elevación adyacentes tenga el mismo valor en elevación, esto con el fin de asegurar la continuidad de la información en donde se unen los modelos, aunque estos valores de elevación se encuentren conforme con el nivel de referencia vertical, por encima (valores positivos de elevación) o por debajo (valores negativos de elevación).

Deberán establecerse o considerarse áreas o fajas de excedencia en la generación del MDE, principalmente para elaborar continuos de Modelos Digitales de Elevación, mosaicos de MDE, debido a que normalmente los algoritmos de interpolación no actúan correctamente en los límites de los modelos debido a la falta de datos en dichas zonas, es por ello que deberá considerarse una faja de excedencia que comprenda cuando menos 3 píxeles más de los límites definidos del área a modelar aunque se trate de un modelo elaborado en coordenadas geográficas.

Cuando no se disponga de datos de batimetría para generar el MDE y sólo se tengan datos de altimetría del relieve continental, se asignará un valor de NoData en lo correspondiente al relieve submarino. Y para el caso contrario, cuando sólo se dispongan de datos de batimetría para generar el modelo y no se tengan datos de altimetría, se le asignará también el valor de NoData en lo correspondiente al relieve continental e insular.

El valor utilizado en el procesamiento del modelo e incorporado a los píxeles que no tienen asociada información o ausencia de datos, considerado como de NoData, deberá indicarse en el metadato del MDE.

Artículo 12.- Se empleará información o datos auxiliares adicionales generados o preexistentes a los puntos con valores de elevación recolectados con métodos directos o indirectos, siempre y cuando éstos cumplan con las características necesarias y acorde a las exactitudes del MDE a generar. Esta información adicional deben ser puntos de altura prominentes como las cimas de montañas o fondos de valles, líneas y puntos de corte o quiebre que están representados en parteaguas, corrientes y cuerpos de agua, la incorporación de datos auxiliares permitirán mejorar la calidad y exactitud del MDE.

Artículo 13.- Para el caso particular de los modelos en los que se tengan cuerpos de agua interiores o continentales como son ríos, lagos, embalses, entre otros, se deberán considerar en el procedimiento de elaboración del MDE sólo los cuerpos de agua cuyo ancho sea mayor a dos veces las dimensiones del píxel del modelo a generar.

En el caso en el que no se disponga de datos de batimetría de las áreas que ocupan los ríos, lagos, embalses, entre otros, se le deberá asignar al MDE un valor de altura conocido o estimado a partir de los valores del terreno cercanos al cuerpo de agua considerando los límites del mismo, es decir, sus líneas de cierre, o bien, mediante el empleo de datos auxiliares de la zona.

En los metadatos del MDE deberá indicarse el proceso efectuado para la asignación de valores de altura en las áreas que correspondan a los cuerpos de agua interiores como son ríos, lagos, embalses para el caso de que no se hayan utilizado datos de batimetría en la generación del modelo.

Artículo 14.- Los errores en los valores de la elevación que se presenten en el MDE que no correspondan o se aproximen a las formas del relieve en la realidad, deberán ser identificados y procesados para su reducción o eliminación, siendo viable realizar una edición de tal manera que no sea afectada la exactitud del MDE con respecto a la realidad, esto debido a que por causa de limitaciones en prácticas inherentes a todo sistema de recolección de datos y procesamiento, en la generación del MDE, se producen errores sistemáticos que siguen un patrón fijo, generalmente de magnitud constante que son introducidos por procedimientos o sistemas, y suelen ser predecibles o bien la presencia de anomalías tales como escalones o pequeños desniveles, terrazas de forma triangular, patrones de valores de elevación o puntos aislados de elevación que no corresponden con el relieve, o errores producidos de datos con incertidumbre, poco porcentaje de confianza o de alguna otra índole.

Artículo 15.- Los archivos digitales que se emplearán para los Modelos Digitales de Elevación deberán tener una estructura de tipo ráster, ya que ésta permite representar mejor las variables continuas y que varían de forma gradual, como es el caso de la elevación de las formas del relieve.

Será necesario que los valores de elevación del modelo estén contenidos en un archivo ráster, que se estructure por bandas intercaladas por línea, Band Interleaved by Line - BIL y que venga acompañado de sus archivos auxiliares asociados al mismo, como lo es el archivo Hdr o del encabezado mismo que es de carácter obligatorio, el cual es indispensable para su utilización en sistemas informáticos y que contienen los datos e información del encabezado, sistemas de referencia, número de bits por pixel, orden de los datos, número de líneas que conforman el archivo, tamaño del píxel, el valor asociado a los píxeles que no tienen asociada información o ausencia de datos considerado como de NoData, valores de elevación máximos y mínimos contenidos en el archivo, entre otros, y que a su vez serán utilizados como información de apoyo para realizar una conversión a otros formatos de intercambio ráster, o bien a otro tipo de estructura de datos, ya sea vectorial o simple, es decir, que exista interoperabilidad en los datos.

Artículo 16.- Para conocer la exactitud vertical del MDE se realizará un análisis estadístico conforme a los términos establecidos en la Norma Técnica de Estándares de Exactitud Posicional, en la que se define la EPV, en el intervalo de confianza del 95%. La fuente independiente de mayor exactitud deberá adquirirse separadamente de los datos empleados para la generación de los Modelos Digitales de Elevación.

- I. La exactitud vertical de un MDE dependerá de las características del terreno y de la densidad y distribución geométrica de los datos originales, así como de las tecnologías, insumos y de la metodología aplicada.
- II. La EPV del MDE y la exactitud de la fuente de los datos empleados para obtener dicha exactitud deberán indicarse en los metadatos.

Artículo 17.- En los metadatos del MDE deberá incluirse la información que identifique los métodos y características con las que se generaron los Modelos Digitales de Elevación y en las que intervienen los insumos, la tecnología, la metodología empleada en su elaboración, el método de interpolación utilizado para generar el archivo digital, la resolución horizontal del MDE y el tipo de MDE, como del terreno denominado MDT o el que considera la superficie de cobertura de la vegetación, edificaciones e infraestructura, denominado MDS; es por ello que deberán indicarse en los metadatos el o los insumos utilizados para generar el modelo, la tecnología y el método empleado para su creación, la resolución y otra información que el productor considere importante señalar.

Capítulo III,

Interpretación y vigilancia.

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

TRANSITORIOS.

PRIMERO. La Norma Técnica para la Generación de Modelos Digitales de Elevación con fines geográficos entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO. Las Unidades del Estado deberán adoptar las disposiciones de la presente Norma en un plazo no mayor a 3 años a partir de la entrada en vigor de la misma

Para facilitar la implementación de la Norma, las Unidades del Estado podrán celebrar convenios de colaboración con el Instituto.

La Norma Técnica para la Generación de Modelos Digitales de Elevación con fines geográficos, se aprobó en términos del Acuerdo No. 10ª/VII/ 2014, aprobada en la Décima Sesión de 2014, de la Junta de Gobierno del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, celebrada el 11 de noviembre de dos mil catorce.- Presidente, **Eduardo Sojo Garza Aldape**; Vicepresidentes: **Enrique de Alba Guerra, Rolando Ocampo Alcántar, Mario Palma Rojo y Félix Vélez Fernández Varela**.- Rúbricas.

Aguascalientes, Ags., a 13 de noviembre de 2014.- 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.- 402984)