



**INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA
DIRECCIÓN GENERAL DE GEOGRAFÍA**

MODELO GEOIDAL EN MÉXICO Y SUS APLICACIONES

**DIRIGIDO A:
PÚBLICO EN GENERAL**

**ELABORADO POR:
LMA. DAVID ÁVALOS NARANJO
Ing. RAÚL MUÑOZ ABUNDES
Ing. MANUEL SOSA GAYTÁN**

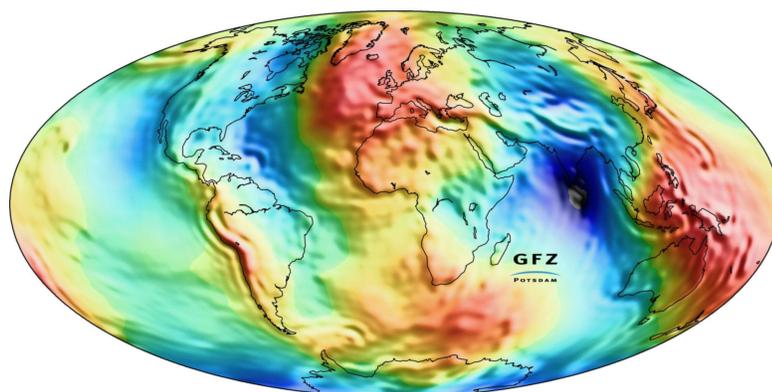
Marzo 2006

MODELO GEOIDAL EN MÉXICO Y SUS APLICACIONES

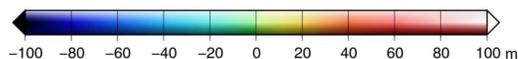
GEOIDE

Es una superficie de nivel que se aproxima al nivel medio del mar, la cual se prolonga por debajo de los continentes y cubre la Tierra en su totalidad. Puede ser imaginada como la superficie del mar libre de los efectos de rotación de la Tierra y mareas, siendo en todo punto perpendicular a la línea de plomada o dirección de la gravedad. Entonces el geoide es un modelo físico que busca representar la verdadera forma de la Tierra calculándola como una superficie de potencial de gravedad constante.

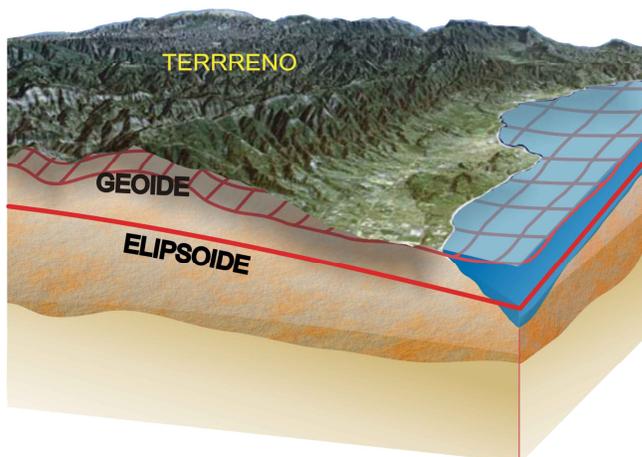
Es importante señalar que debido a los efectos de variación en la densidad y distribución de masas de la Tierra, la forma del geoide es irregular; obedece de manera directa a los cambios en el campo de gravedad.



*Modelo Geoidal Global
Imágen cortesía del
GFZ/Alemania)*



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 del sistema de alturas. Sin embargo cabe aclarar que la definición formal de altura o elevación del terreno es algo mucho más completo que debe ser consultado en un documento dedicado a la descripción detallada del sistema de alturas.

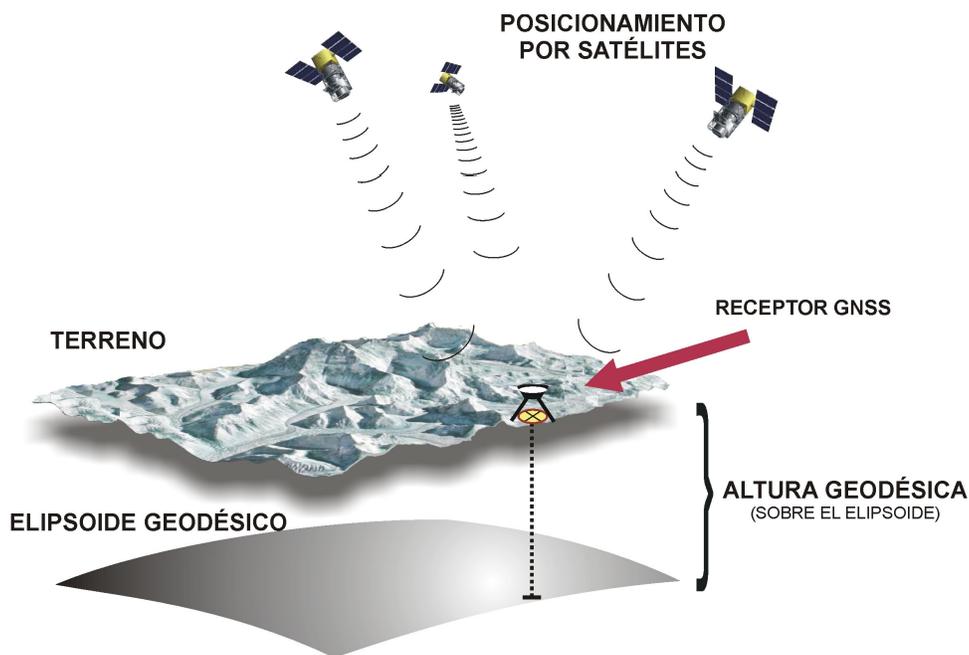


Por otra parte la proliferación en el uso de Sistemas de Navegación Global por Satélite ó GNSS por sus siglas en inglés (como el GPS entre otros), los cuales permiten determinar de manera ágil los valores de latitud, longitud y altura geodésica definidos a partir de una superficie de referencia como es el elipsoide geodésico, que es un concepto matemático de la forma de la Tierra.

GNSS Y SU RELACIÓN CON EL GEOIDE.

La tendencia a la baja de precios en software y hardware de los sistemas de navegación por satélite ha convertido a los GNSS en la mejor alternativa de posicionamiento global y en la actualidad el público en general realiza un uso cotidiano de las constelaciones de satélites con el fin de obtener coordenadas latitud (φ), longitud (λ) y altura geodésica (h), relativas a un elipsoide geodésico de referencia.

El parámetro h definido como la distancia vertical desde un punto de la superficie terrestre al elipsoide de referencia, determina un dato de altura o elevación para cada lugar sobre el terreno. Sin embargo, la altura geodésica obtenida a partir de observaciones con equipos receptores de señal GNSS, carece de sentido físico para ser considerada como referencia o parámetro de elevación y por lo general es desechada ya que en la práctica, cuando se asocian datos de elevación a la información geográfica se prefiere utilizar la altura sobre el nivel medio del mar o altura ortométrica .



Altura geodésica de un punto sobre el terreno.

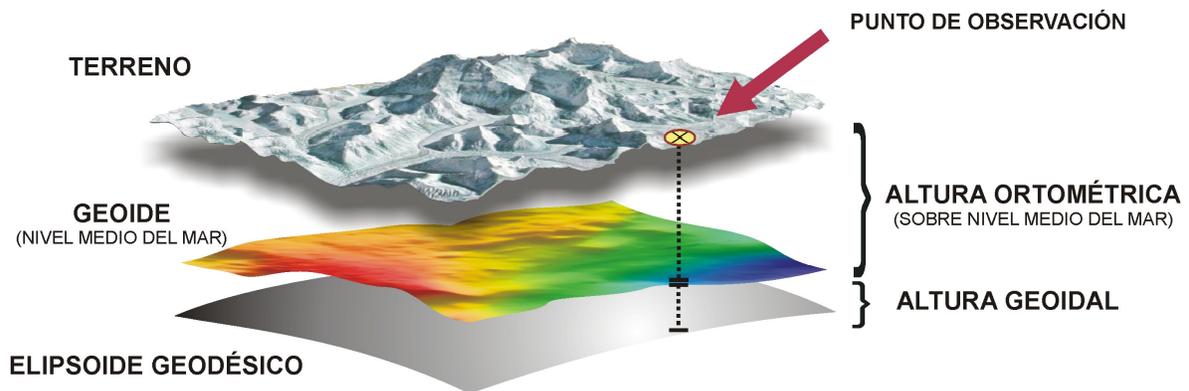
Sin embargo existe una manera sencilla de transformar el valor de altura geodésica que proporciona un receptor GNSS en altura ortométrica, y eso se logra si se cuenta con el valor de altura geoidal correspondiente al punto de interés.

Método de transformación:

Sea H el valor en metros de altura ortométrica, para un punto sobre el terreno, h el valor de altura geodésica y N la altura geoidal correspondiente al mismo punto, entonces se aplica la siguiente ecuación:

$$H = h - N$$

La relación se ilustra en la figura siguiente:



Relación de altura geoidal y altura geodésica

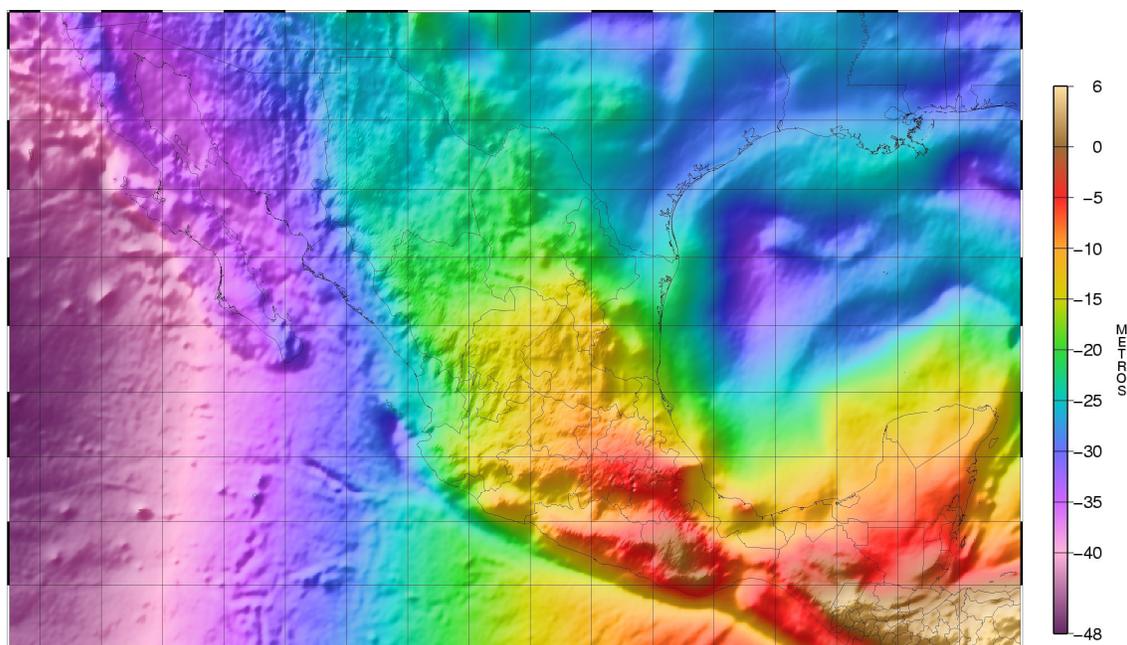
Este procedimiento se traduce en una disminución de costos y tiempo para los usuarios de GNSS, en la obtención de alturas ortométricas sin tener necesidad de acudir a las costosas técnicas topográficas de nivelación diferencial para propósitos cartográficos.

EL GEOIDE GRAVIMÉTRICO MEXICANO

La Dirección General de Geografía del INEGI, pendiente de las necesidades de información para actividades geodésicas, ha trabajado en el proyecto de determinación de la solución geoidal con error submétrico para el área mexicana. Obteniendo por resultado un modelo que se ubica como la mejor alternativa para obtener valores de altura geoidal (N) sobre el territorio nacional

El Geoide Gravimétrico Mexicano (GGM) es un modelo digital de alturas geoidales que expresa las diferencias entre el elipsoide geodésico de referencia y la superficie geoidal.

Tanto la cantidad y calidad de los datos utilizados como el método de cálculo elegido para procesarlos han producido la representación más exacta del geoide sobre el territorio nacional entero. Actualmente se tiene disponible la segunda versión del GGM llamada GGM05, que presenta ventajas de exactitud significativas con respecto a los anteriores modelos geoidales generados con cobertura nacional.



GGM05: Modelo digital de alturas geoidales para el área Mexicana de 2005

El INEGI recomienda a los usuarios de información geodésica en México el uso del modelo GGM05 que cuenta con las siguientes características:

Cobertura	14° a 33° de latitud norte y 86° a 119° en longitud oeste
Resolución	2.5' x 2.5'
Error medio cuadrático	36 cm.
Marco de referencia	ITRF92 época 1988.0
Elipsoide de referencia	GRS80
Unidades	Metros

El espectro de aplicaciones del GGM es casi tan amplio como el de las observaciones GNSS en trabajos de: ingeniería topográfica para obras de gran magnitud, generación de cartografía, navegación aérea, control geodésico para fotografía aérea, generación de modelos digitales de elevación del terreno, en geofísica como base de partida para la investigación del comportamiento de la densidad terrestre, y otros estudios que toman decisiones en base a los embalses de agua marítimos y continentales.

VISIÓN A FUTURO

El modelo GGM05 se ubica actualmente como la mejor alternativa para obtener altura geoidal sobre el área mexicana y satisface holgadamente las exigencias técnicas de cualquier proyecto cartográfico. Sin embargo se continuará trabajando en la mejora de los datos de entrada, tanto en calidad como en cantidad, para refinar la solución. Con ello se espera que sea posible utilizarlo incluso en trabajos de alta precisión como los basados en técnicas geodésicas.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Petr Vaníček, Marcelo Santos, Robert Tenzer, Antonio Hernández Navarro, Algunos Aspectos sobre Alturas Ortométricas y Normales, Revista Cartográfica núm. 76 y 77, México 2003.
- INEGI, Dirección General de Geografía, Red Geodésica, Marco de Referencia para Información Geodésica 2005, <http://www.inegi.gob.mx> .
- INEGI, Dirección General de Geografía, Información geográfica, Metodologías y Sistemas de Consulta 2005, <http://www.inegi.gob.mx> .
- Ávalos David, El Geoide para el Área Mexicana y sus Aplicaciones, Revista Notas núm. 20 pp. 27-29, INEGI, México 2002.

Dirección General de Geografía
Dirección de Investigación y Desarrollo
Subdirección de Investigación Geodésica
Departamento del Geoide