



**BLUE MARBLE
GEOGRAPHICS**

Introducción a Geodesia: Datums y proyecciones

Programa de entrenamiento

- 9:00 a 11:00 (Descanso @ 10: 00):
- 2:00 a 4:00 (Descanso @3:00):
- Introducción
- Geodesia
 - Sistemas de Coordenadas
 - Transformaciones de Datum
 - Proyecciones de Mapas



Geodesia

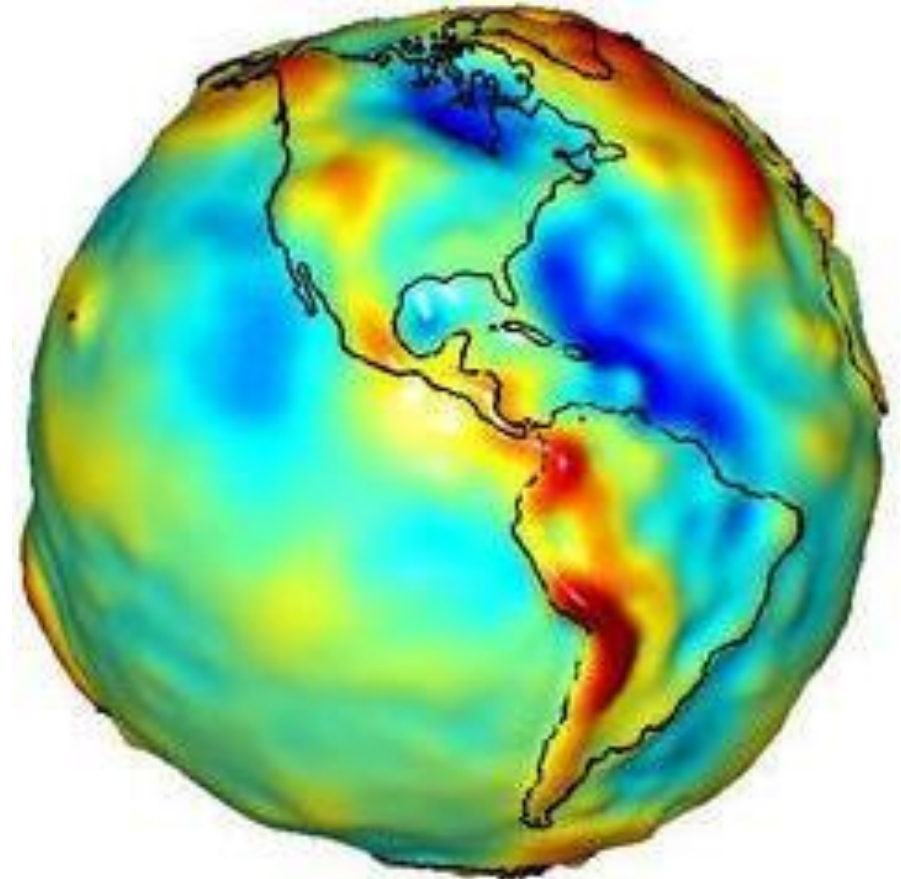
¿Qué es Geodesia?

- La ciencia de medir el tamaño y la forma de la Tierra
- Determinación de la posición exacta de puntos en su superficie
- *Cómo eso cambia con el tiempo*



Tamaño y aspecto

- La Tierra es un *Pseudoesferoide* de aproximadamente 6.357 km de radio
 - – Es más ancho en el ecuador que los polos
 - – La superficie es ondulante



Coordenadas

¿Qué son las coordenadas?

- Un conjunto de números que se utilizan para representar puntos en el espacio.
- Medidas relativas a un origen y ejes.
- Dependiendo del sistema de coordenadas, las coordenadas se pueden mostrar en varios formatos de varias unidades.

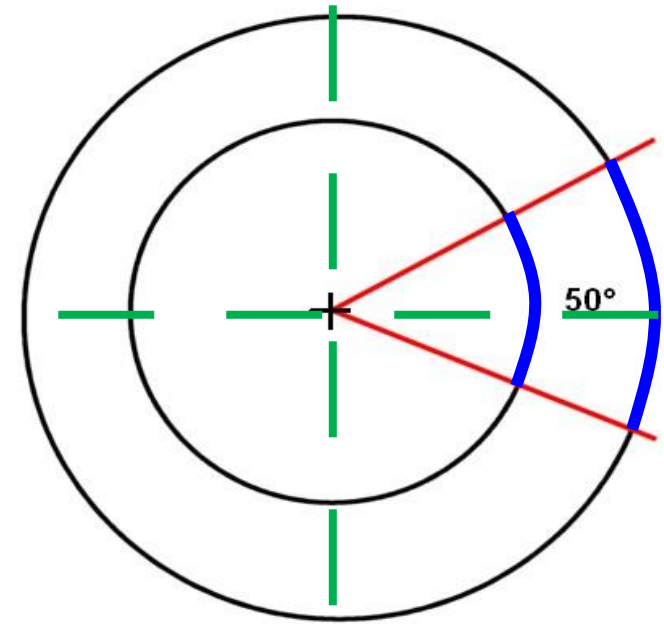
Unidades

Angular

- En los sistemas de coordenadas geodésicas, las coordenadas se dan en unidades angulares, siendo las más comunes los grados.
- Las unidades angulares se pueden mostrar en varios formatos

•Lineal

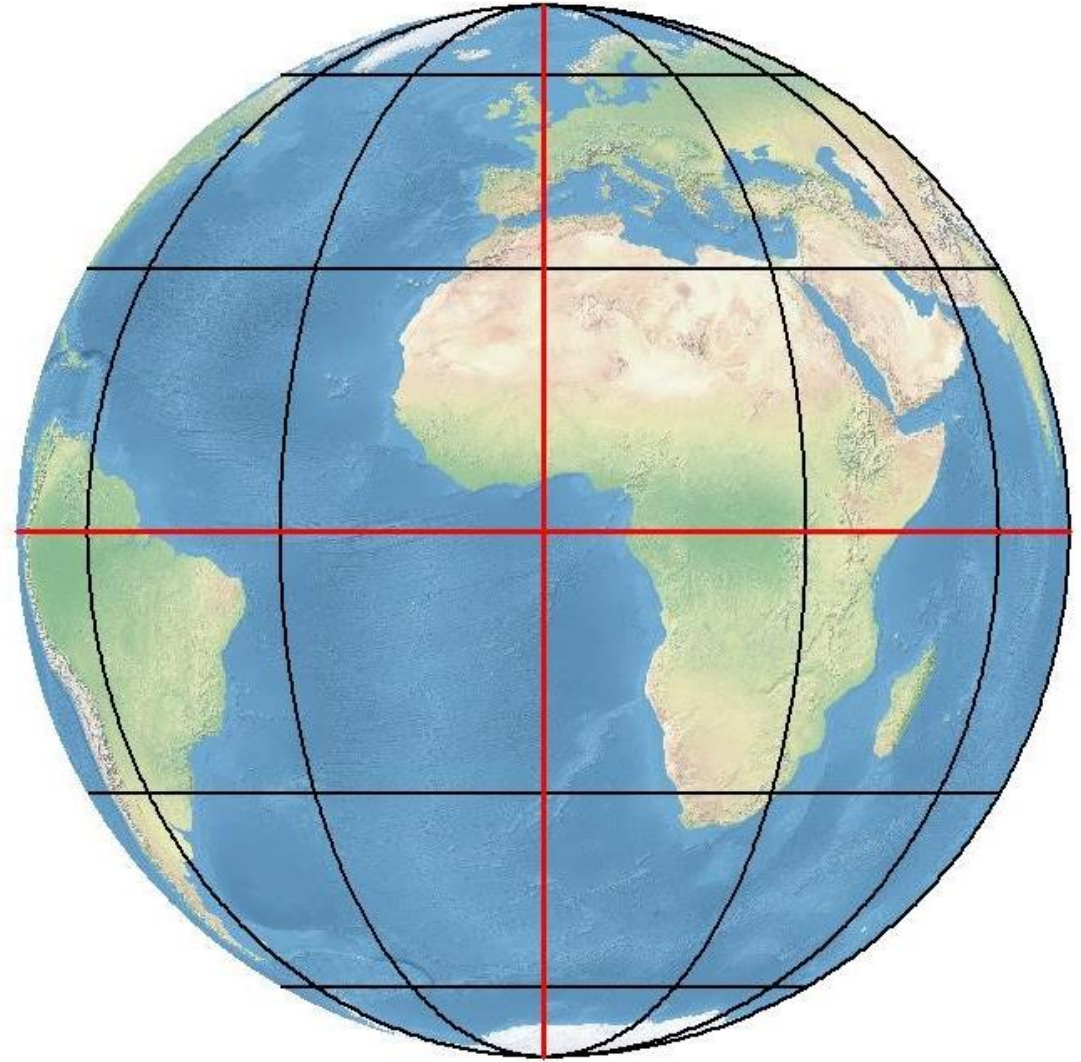
- Los sistemas de coordenadas cartesianas y proyectadas utilizan medidas lineales
- El formato de la unidad se limita principalmente a la precisión decimal.



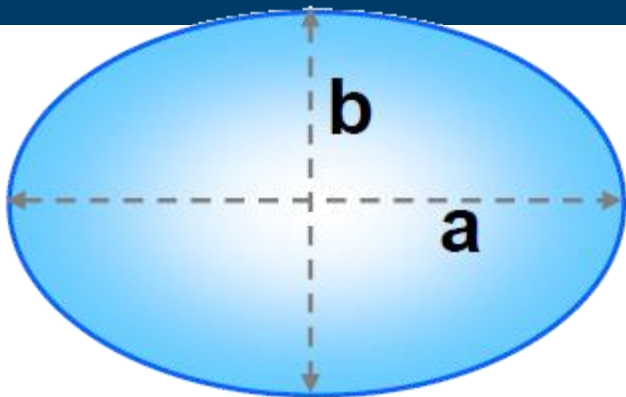
Sistemas de Coordenadas Geodésicas

Los globos son los mapas más precisos que tenemos.

- Todos los sistemas geodésicos utilizan Latitud y Longitud para definir las posiciones en la Tierra. Estas son medidas angulares, no lineales
- Las dos principales líneas de referencia a partir de las cuales se calculan todas las distancias y ubicaciones son el Ecuador y el Meridiano Central

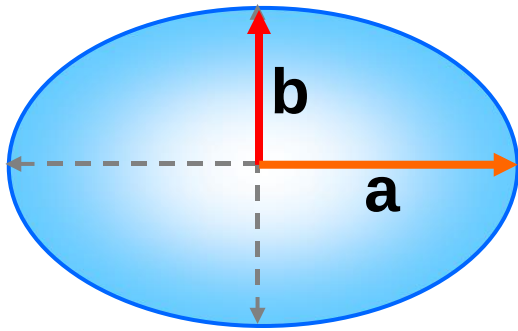


Elipsoide



- Sir Isaac Newton popularizó la forma no esférica de la Tierra en la conciencia pública. Concluyó que la Tierra era un "elipsoide achatado de revolución", una elipse más ancha en el ecuador que en el polo.
- En el ecuador, el diámetro de la Tierra es de ~ 7927 millas (~ 12,756 km). En los polos, el diámetro es de casi 7900 millas (12,713 km). 27 millas, una diferencia del 0,34% es suficiente para dar un dolor de cabeza a los creadores de mapas.
- Si no fuera por el aplanamiento, el mapeo sería tan fácil como **Pi**.

Aplanamiento



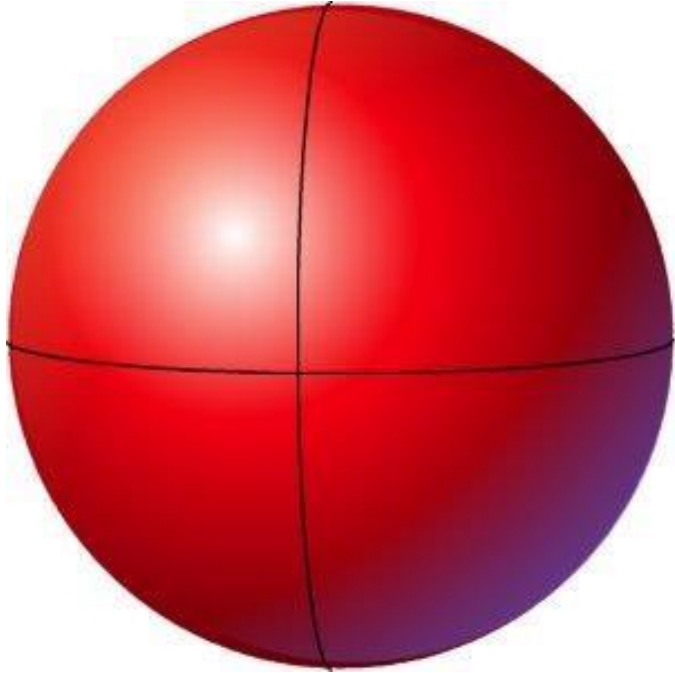
El aplanamiento es la relación de la diferencia entre el eje semi-mayor y el eje semi-menor.

$$f = (a - b) / a$$

$$1/f = a / (a - b)$$

Elipsoide	Radio en el Ecuador	1/f	Región
Plessis 1817	6,376,523 metros	308.64	Francia
Bessel 1841	6,377,397 metros	299.15	Japón
Airy 1830	6,377,563 metros	299.32	UB
GRS80/WGS84	6,378,137 metros	298.26	Mundo
Clarke 1866	6,378,206 metros	294.98	Norte América
Clarke 1880	6,378,206 metros	293.46	Francia, África
SLC95	6,378,523 metros	298.28	Condado de St Louis, MN

Datums Horizontales



Un datum es una "superficie mapeable" definida por un elipsoide con un punto base y un meridiano de referencia.

Un datum toma su elipsoide y le da un origen, atándolo a la tierra en un lugar.

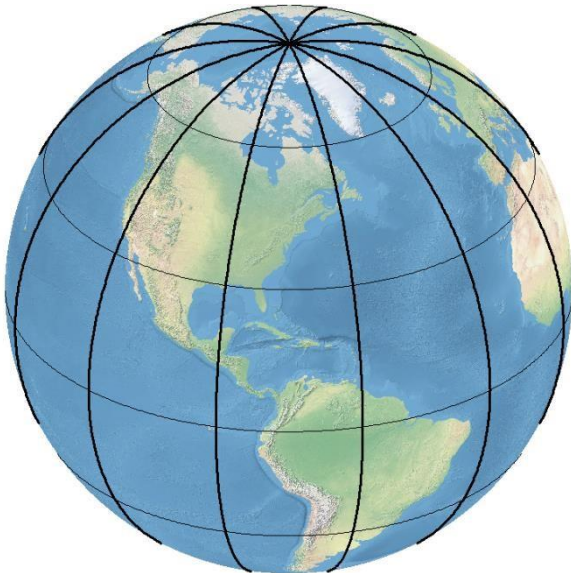
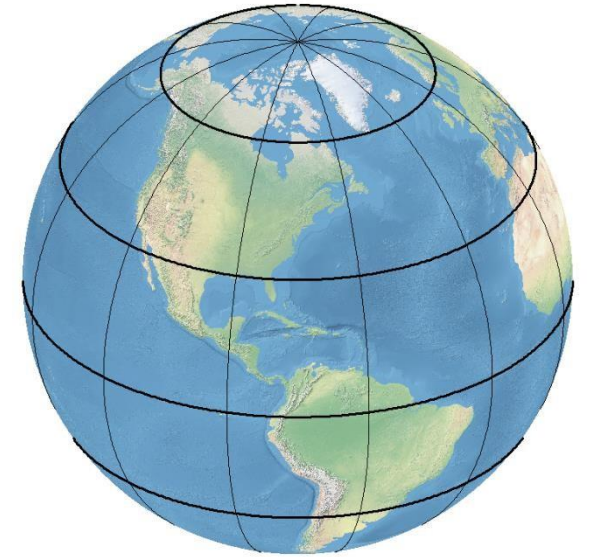
Un punto de la Tierra puede tener muchas coordenadas diferentes, según el datum que se utilice.

- Puede tener un elipsoide sin que sea un dato.
¡NO PUEDE tener un datum sin un elipsoide!

El Ecuador y el Primer Meridiano

El Ecuador

- El Ecuador divide la Tierra por la mitad con una línea imaginaria que corre de este a oeste en la mitad del mundo.
- Todas las líneas similares que corren paralelas al ecuador a constante los incrementos se denominan líneas de **Latitud**.
- También conocidos como **Paralelos**, corren 90 grados norte y 90 grados al sur del ecuador y nunca se cruzan



Meridiano

- El primer meridiano es una línea en su mayoría imaginaria (y arbitraria) que corre de norte a sur, dividiendo la Tierra por la mitad de polo a polo. (Est. 1851 de Sir George Airy; estandarizado en 1884.)
- Pasa por el Observatorio Real de Greenwich, Inglaterra y también se conoce como el **Meridiano de Greenwich**.
- Todas las líneas similares que corren de norte a sur a través de los polos se denominan líneas de **Longitud** o **Meridianos**.
- Están más alejados en el ecuador y convergen en los polos.

Grados

¿Qué tan "grande" es un Grado?

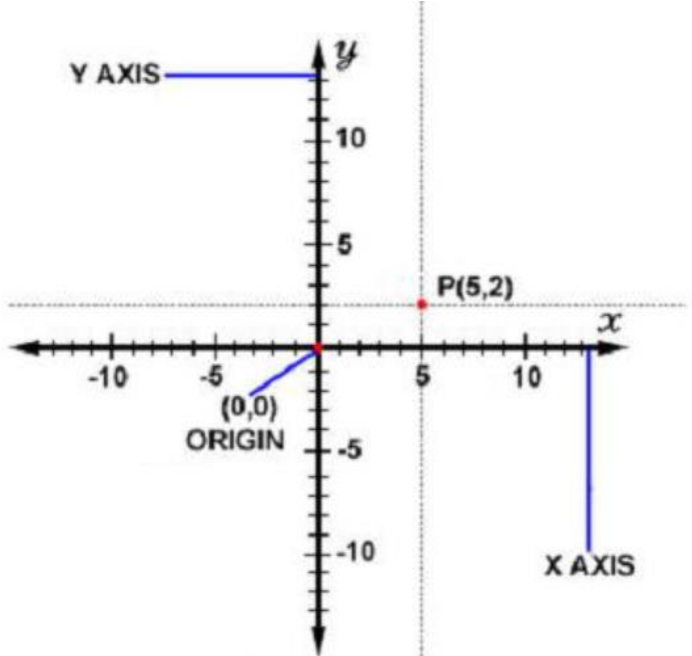
- Un grado de **longitud** en la superficie de la Tierra en el ecuador es aproximadamente 69.17mi (111.32km)
- En el Polo Norte / Sur, es 0 millas
- Los grados no son distancias constantes en la superficie como las mediciones lineales

• Diferentes formatos

- Grados Minutos Segundos, Minutos decimales, Grados decimales son algunos de los formatos de grado más comunes

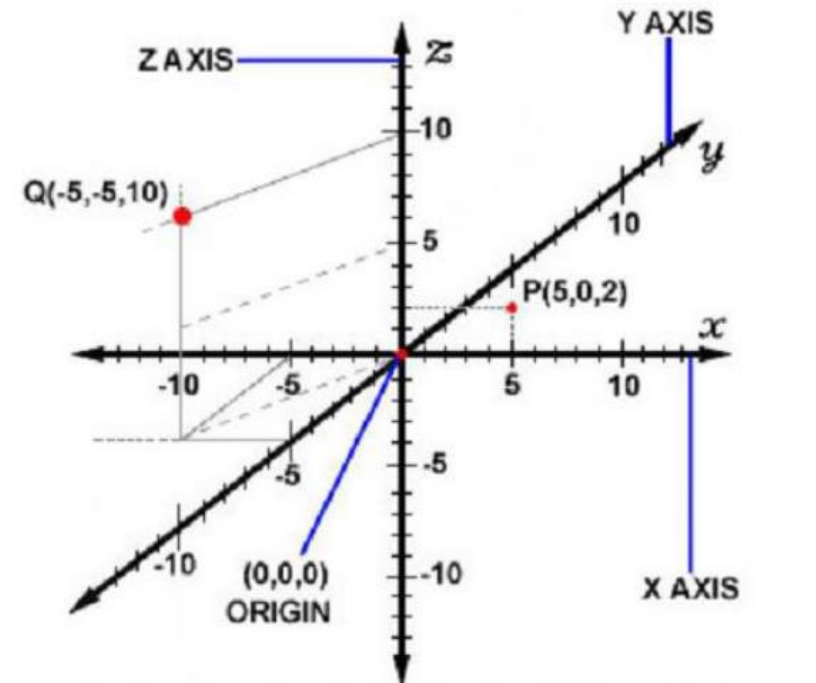
- | | |
|--------------------------------------|---------------------------|
| • 44° 13' 36.96" N, 69° 46' 29.11" W | Grados Minutos y Segundos |
| • 44° 13.616', -69° 46.485' | Minutos Decimales |
| • 44.226933, -69.774753 | Grados Decimales |
| • 44.133696, -69.462911 | GMS |
| • 44.136160, -69.464851 | GM |
| • 44133696, -069462911 | GMS empaquetado |
| • 44136160, -069464851 | GM empaquetado |

Sistemas cartesianos y proyectados



- Un sistema de coordenadas bidimensional o tridimensional en el que, en el ejemplo superior, **X** mide la distancia Este / Oeste y la **Y** mide la distancia Norte / Sur.
- Cada punto del plano está definido por un par de coordenadas **X**, **Y** y, a veces, **Z**. El punto de intersección donde se encuentran los ejes se llama origen.

- Las medidas relativas de distancia, área y dirección son lineales y constantes en todo el sistema cartesiano.



3 DIMENSIONAL CARTESIAN COORDINATE SYSTEM

Elipsoide / Datum WGS84

El Sistema Geodésico Mundial de 1984 es una definición de elipsoide estándar en todo el mundo.

- Centrado en la Tierra, el "mejor ajuste" para toda la Tierra
- Originalmente creado como Sistema de Referencia Geodésico de 1980 por la Agencia de Mapas de Defensa de EE. UU.
- Se utiliza como base mundial para la red de satélites GPS.
- Sirve como un elipsoide / datum común a través del cual convertimos la mayoría de los demás datums.

NAD27

ED50

Minna

M'poraloka



Timbalai

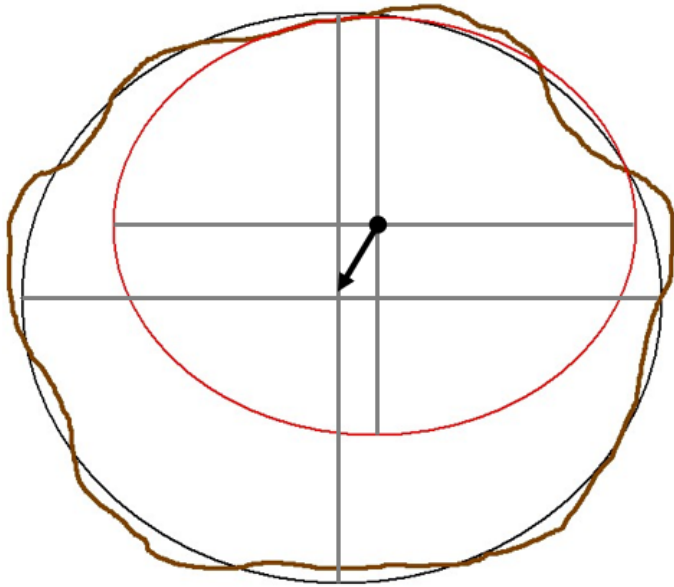
AGD66

Beijing 54

PSAD56

Transformación del Datum

Cuando existen coordenadas en un datum y existe la necesidad de trazarlas o mostrarlas con base en otro, se requiere una transformación del datum.



Cambio de 3 parámetros (Molodensky, Geocéntrico)

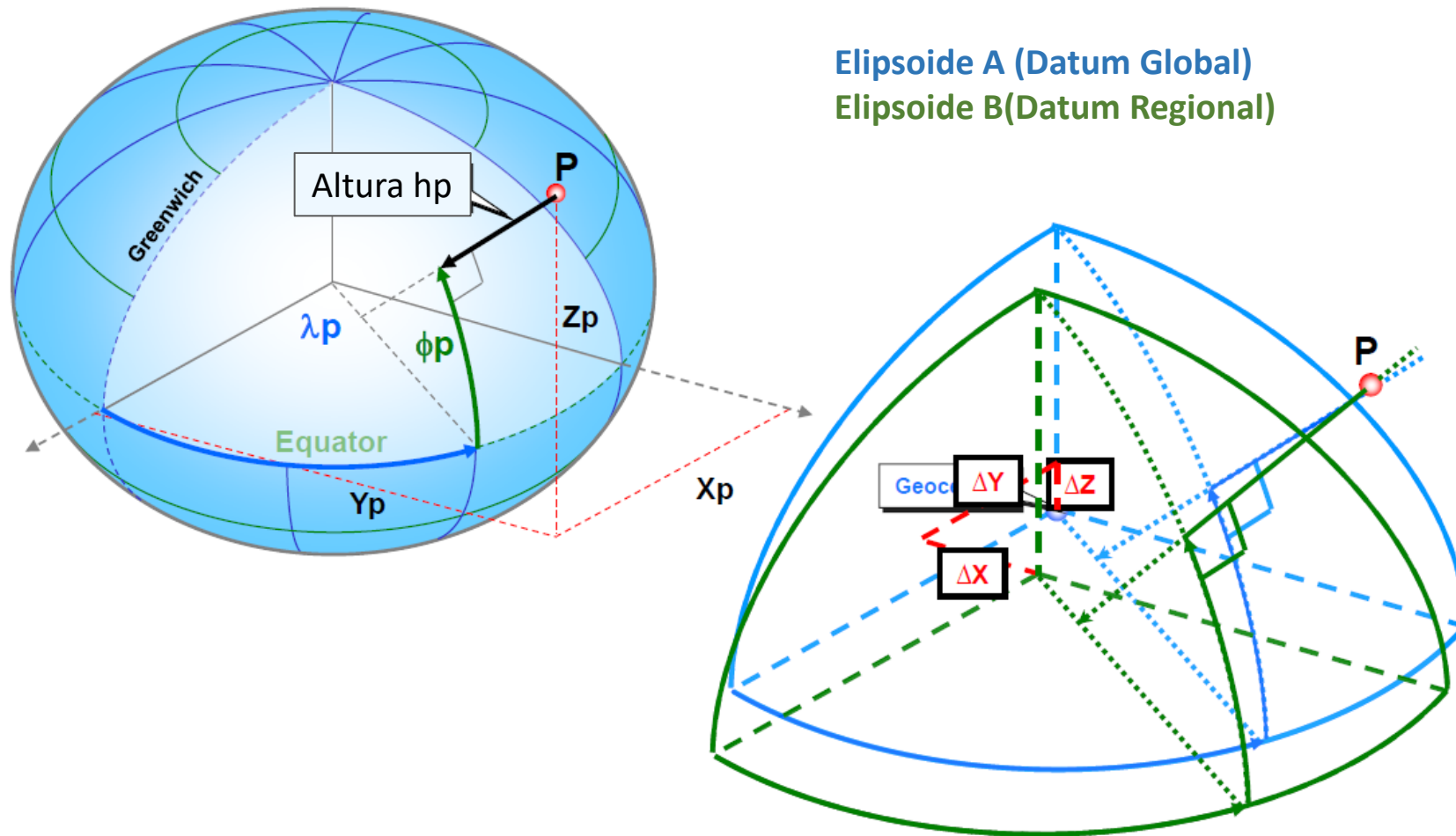
- Al realizar una transformación de datum de 3 parámetros, se aplica un desplazamiento lineal a los ejes **X**, **Y**, y **Z** en el geocentro.
- La precisión puede ser de ± 1 a 50 metros.
- No modela bien las distorsiones de la red.
- ¡Pero son fáciles de calcular!

Cambio de 7 parámetros (Bursa-Wolfe, Helmert):

- El mismo desplazamiento **X**, **Y**, y **Z** encontrado en el método de Molodensky, pero con 3 parámetros adicionales de Rotaciones de los Ejes y uno de Escala.
- Si se aplica correctamente, puede permitir un mapeo más preciso de ± 1 m en áreas grandes.
- El sentido de rotación es fundamental

Otros métodos de transformación (alta precisión):

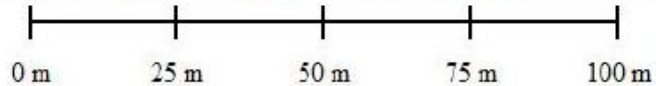
¿Qué es realmente un cambio de datum?



Transformaciones de datum - Ejemplo

NAD 27 to WGS84

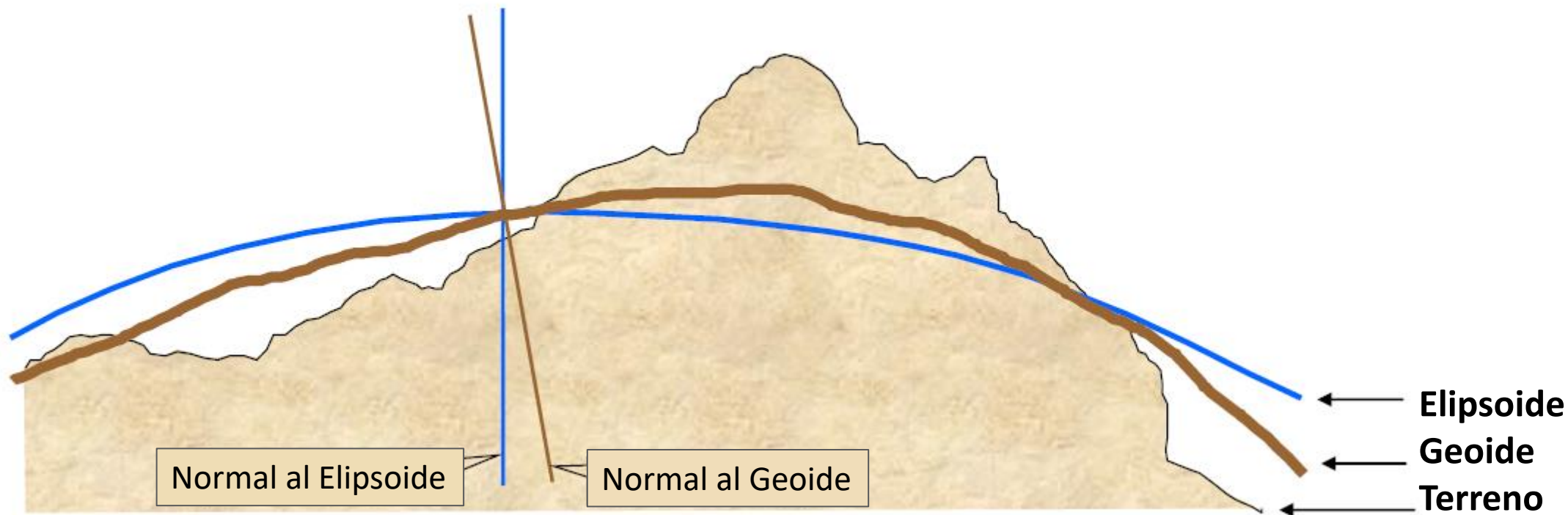
- NADCON (15cm)
- MRE (3m)
- Canadian NTV2 (3m)
- Molodensky
 - East US (13m)
 - Continental US (14.5m)



Datums verticales

Modelo de geoide

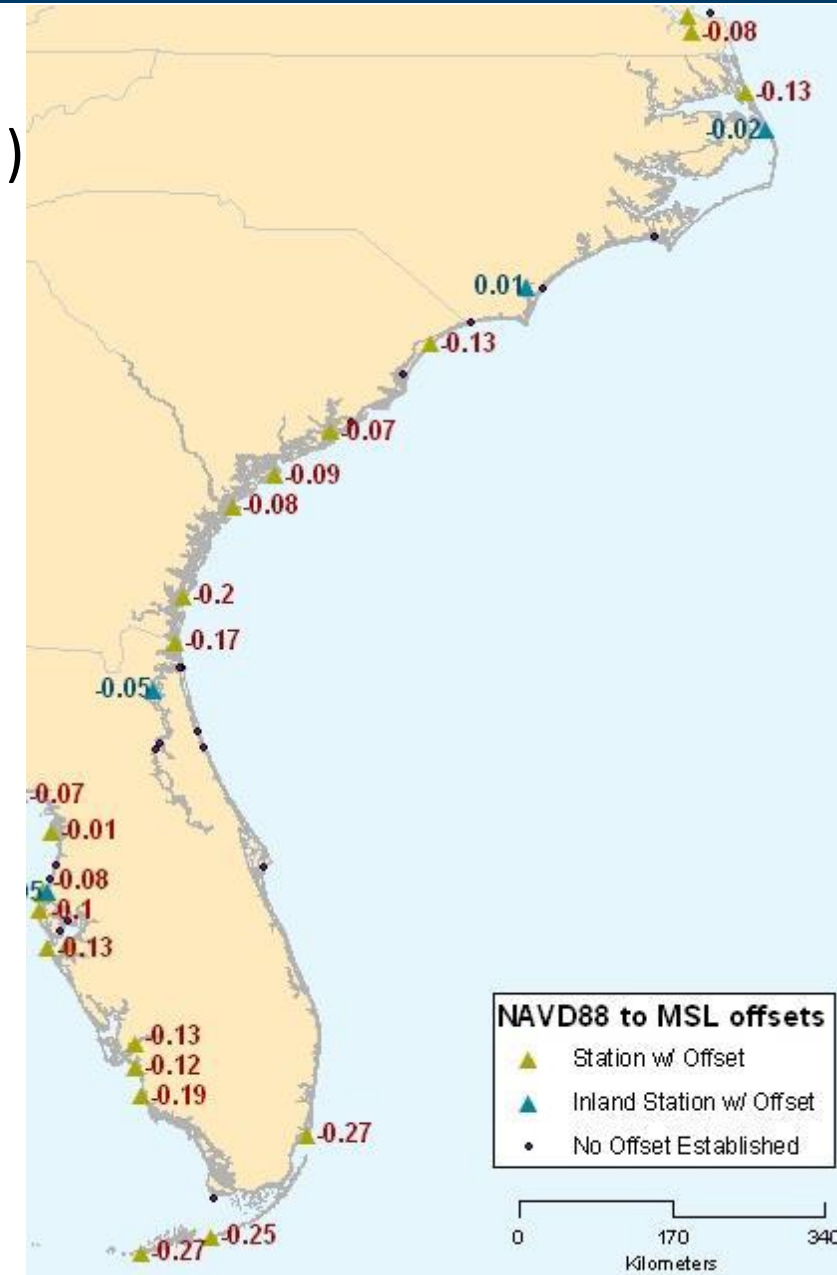
- Una superficie cero a la que se refieren elevaciones o alturas.
- Modelo de superficie irregular de la Tierra que toma en cuenta un cálculo promedio de elevación factorizando la profundidad del océano, lecturas gravimétricas y altura terrestre.



Geoides y Nivel Medio del Mar

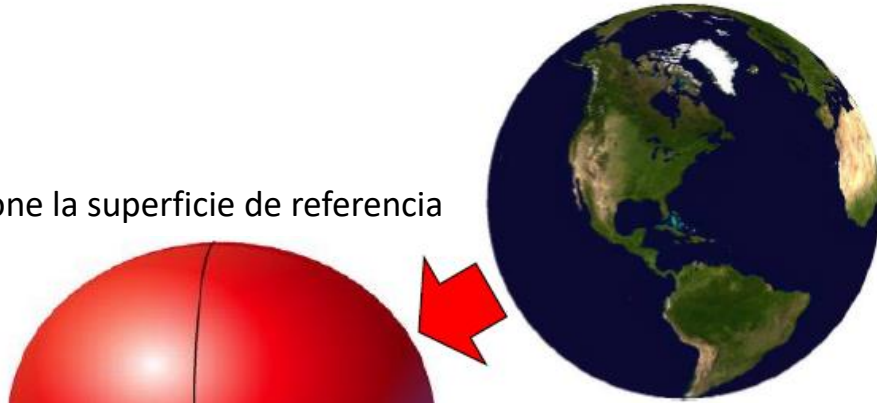
Comparación del Modelo geoide y Nivel Medio del Mar (NMM)

- ¡No son lo mismo!
- Los modelos verticales son aproximaciones del NMM
 - Algunos no están al nivel del mar en absoluto, pero en realidad son compensaciones de mareas o alguna otra referencia local.
- Nivel Medio del Mar es un "objetivo en movimiento"
 - Para obtener la máxima precisión, se deben tener en cuenta las deflexiones verticales locales



Proyecciones de mapas

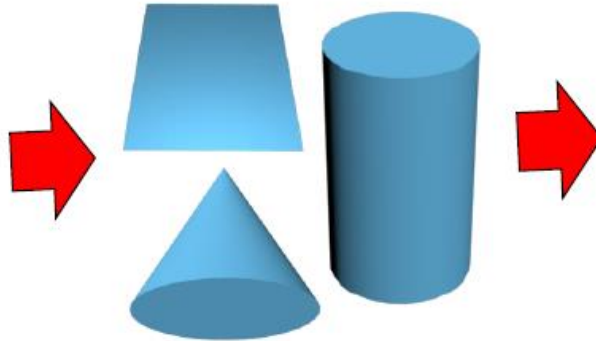
1. Seleccione la superficie de referencia



2. Modelo Geodésico



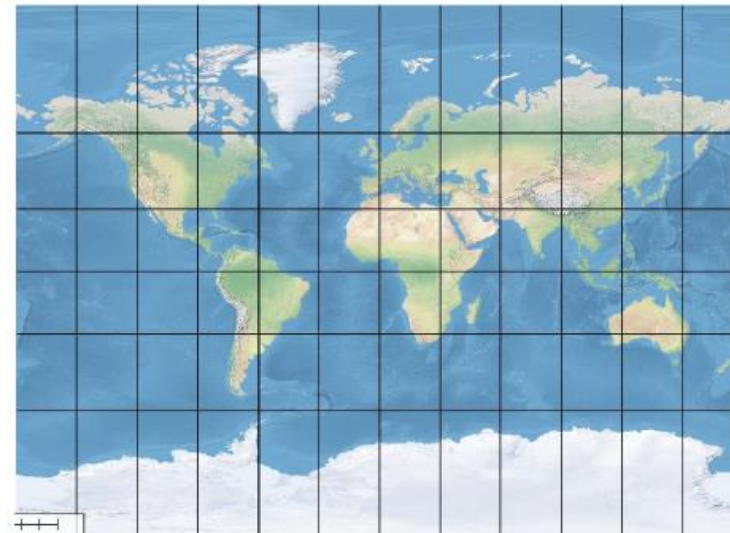
3. Proyectar sobre la superficie



Tierra redonda, papel plano:

- Proyectar un sistema de coordenadas simplemente significa tomar una imagen de la Tierra (3D) y mostrarla con precisión en una superficie bidimensional.
- Los diferentes métodos de proyección darán como resultado diferentes propiedades geométricas en el mapa final.

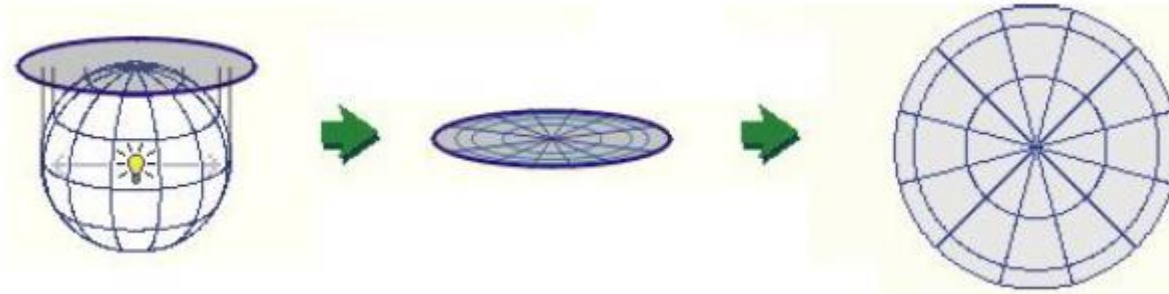
4. Proyección final del mapa



Tipos de proyección

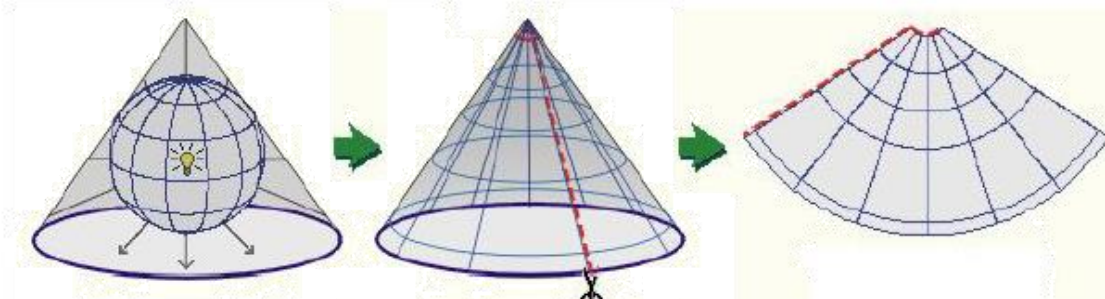
- **Azimutal**

- El plano de proyección toca la superficie de la Tierra en un punto.



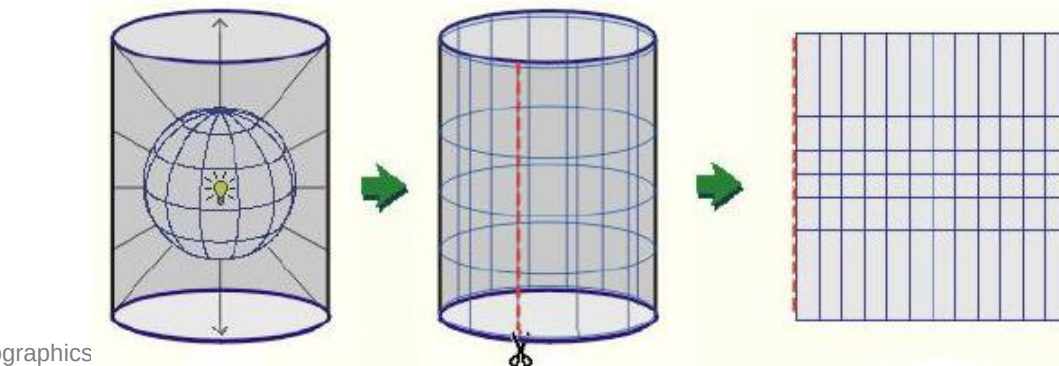
- **Cónico**

- La forma de un cono es tangente o secante al globo. y el mapa se proyecta dentro del cono.



- **Cilíndrico**

- Se envuelve un cilindro alrededor de la superficie del globo. El punto de contacto es un Gran Círculo.



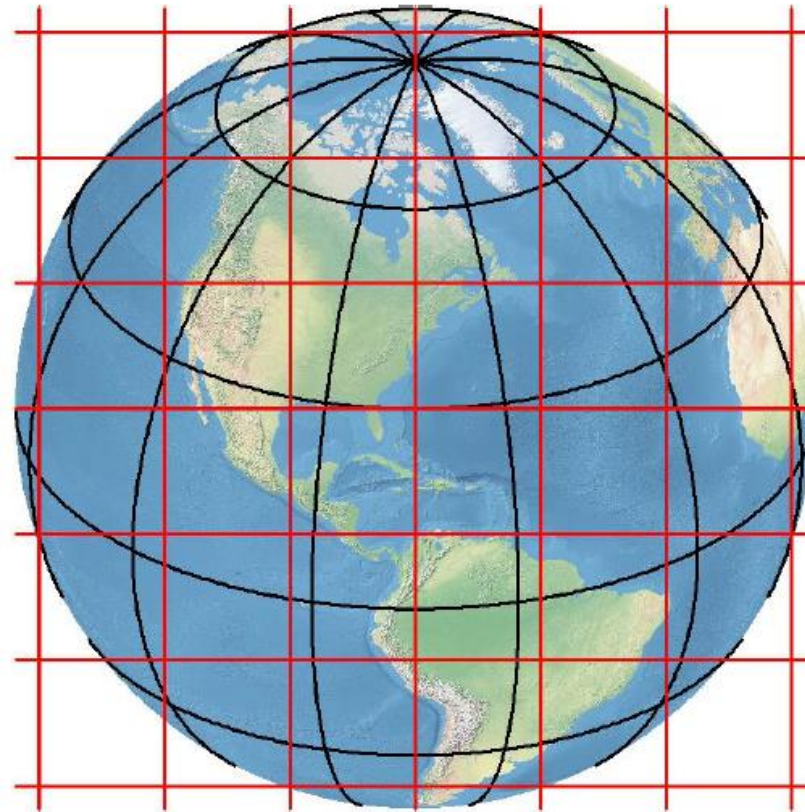
Propiedades de la proyección

- **Área igual.** Preservación proporcional de superficies. Se produce distorsión lineal y de distancia.
- **Equidistante.** Se conservan las distancias desde el punto central de la proyección a cualquier punto (Grandes Círculos).
- **Dirección Verdadera.** Las líneas de rumbo representan los azimuts del norte verdadero. No hay distorsión de la convergencia.
- **Conforme.** Se conservan los ángulos entre los puntos y las formas de áreas pequeñas. La columna vertebral de los sistemas de coordenadas topográficos.

Propiedades de la proyección (cont.)

Convergencia

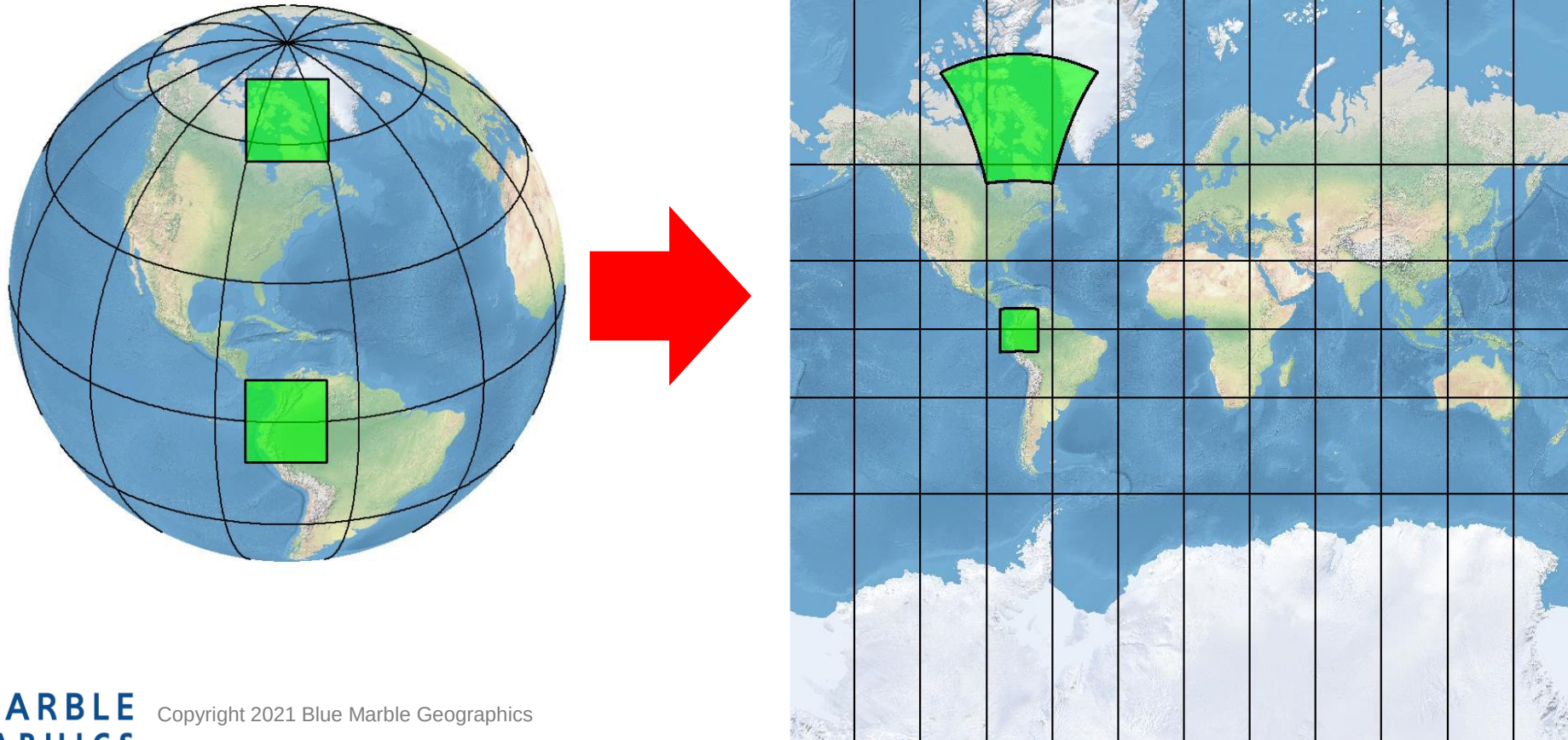
- El ángulo horizontal en un punto entre el norte verdadero y el norte de cuadrícula.



Condiciones de proyección (cont.)

Factor de escala

- La relación entre la distancia medida en la superficie proyectada y la distancia medida en el elipsoide.



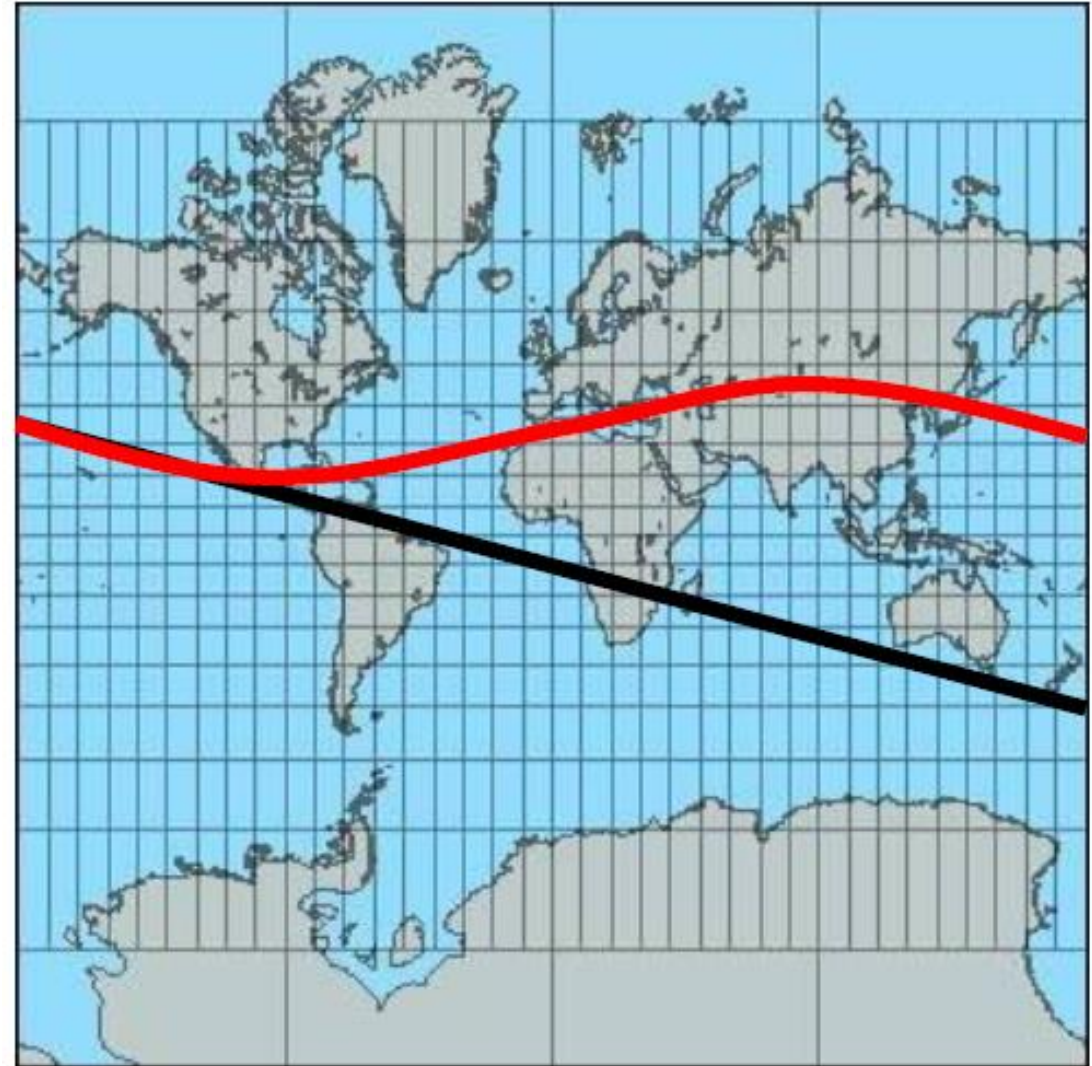
Condiciones de proyección

Azimut. Ángulo entre el norte y la dirección de viaje, medido en el sentido de las agujas del reloj desde el norte.

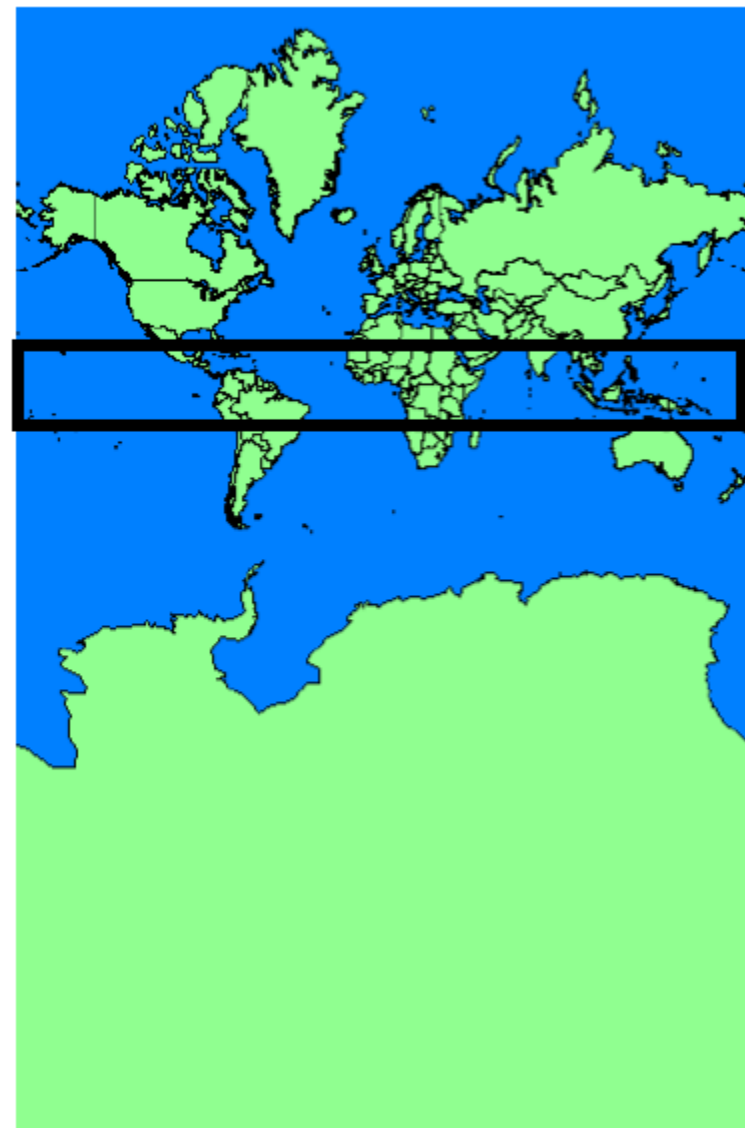
- También llamado: rumbo, rumbo o dirección

Gran Círculo Un arco que divide una esfera (en este caso la Tierra) en dos partes iguales. Cualquier línea de longitud (meridiano) es un gran círculo.

- **Línea de rumbo.** Una línea que cruza cada meridiano en el mismo ángulo.
- Excelente para la navegación



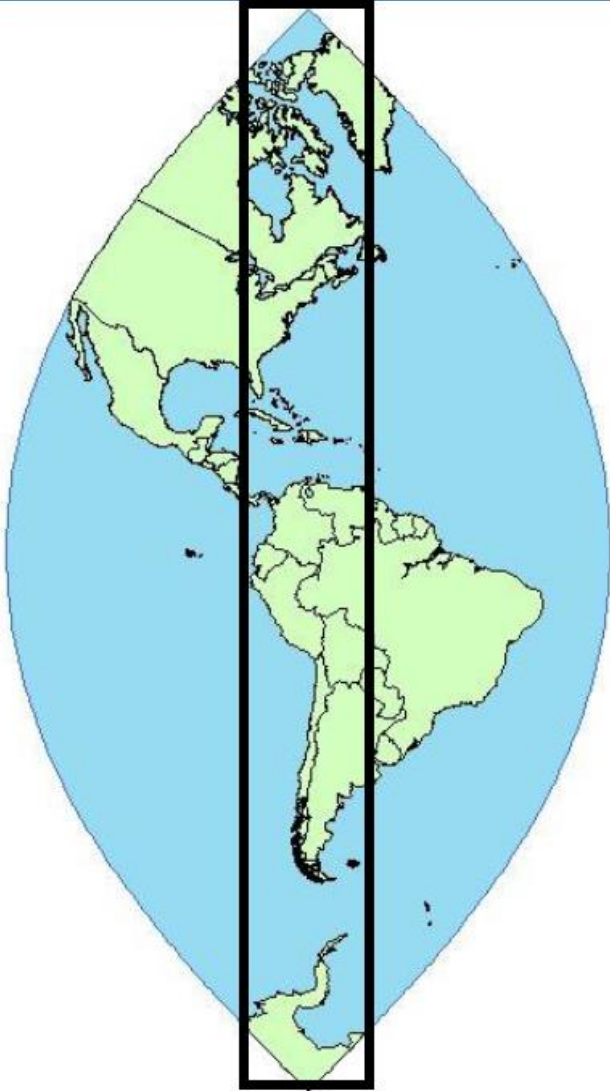
Proyección Mercator



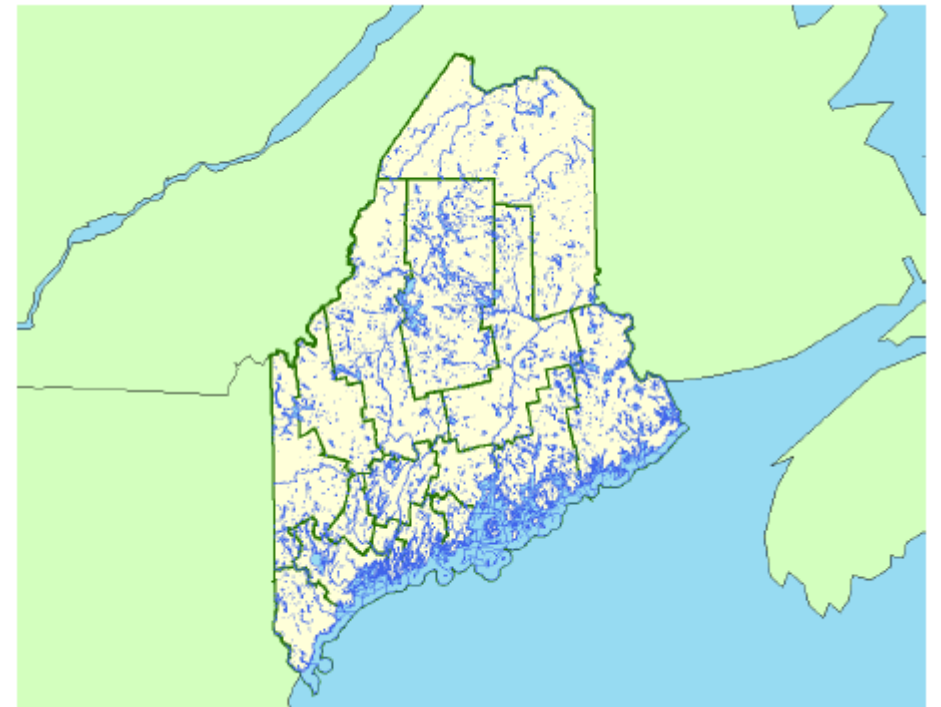
- Utilizado originalmente para la navegación.
- Todos los meridianos aparecen como líneas paralelas.
- Las distancias son verdaderas solo a lo largo del ecuador (o el paralelo de origen), pero son razonablemente correctas dentro de los 15 ° del ecuador.
- La distorsión aumenta más lejos del Ecuador y es extrema en regiones polares.



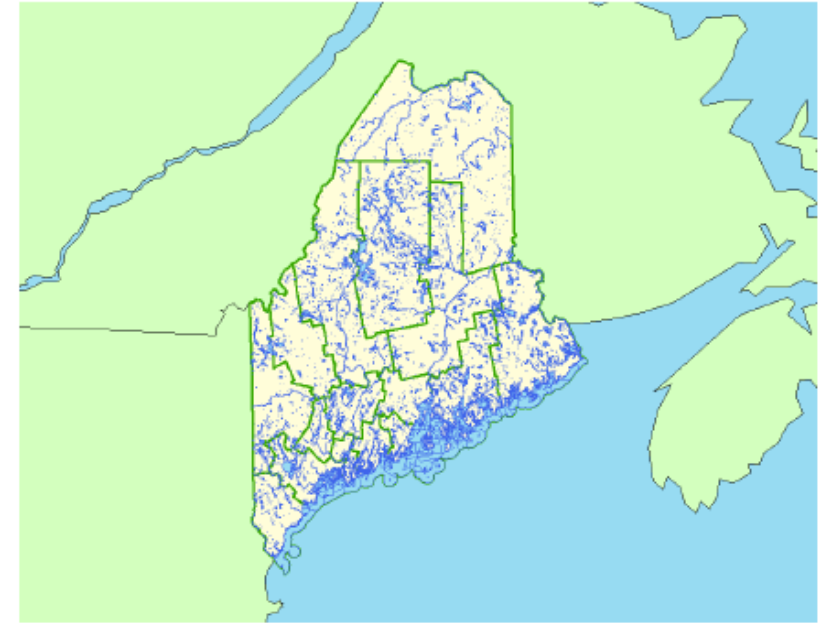
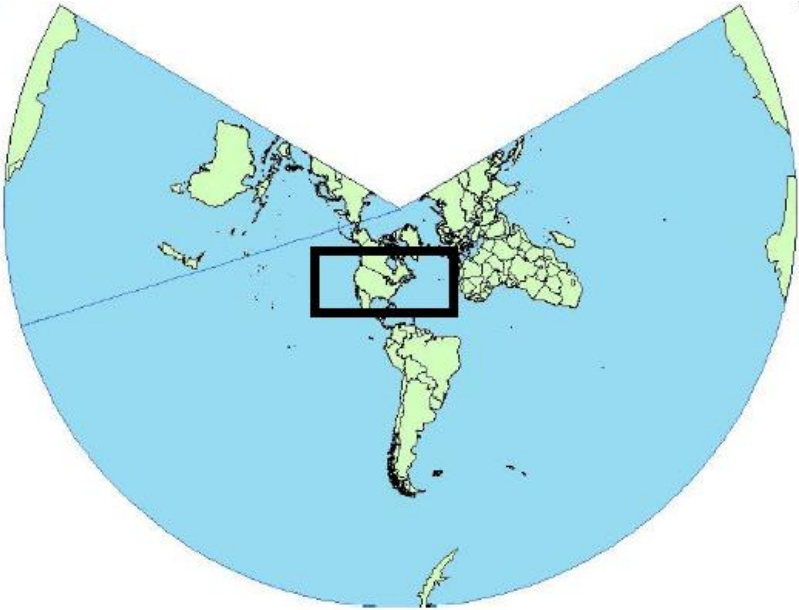
Transversa de Mercator



- Los mapas de esta proyección se utilizan para mapear grandes áreas que son principalmente de norte a sur en extensión.
- Las distancias son verdaderas solo a lo largo del meridiano central o dos meridianos estándar.
- Se utiliza para la mayoría de las redes nacionales y, por supuesto, los sistemas Universal Transversa de Mercator.

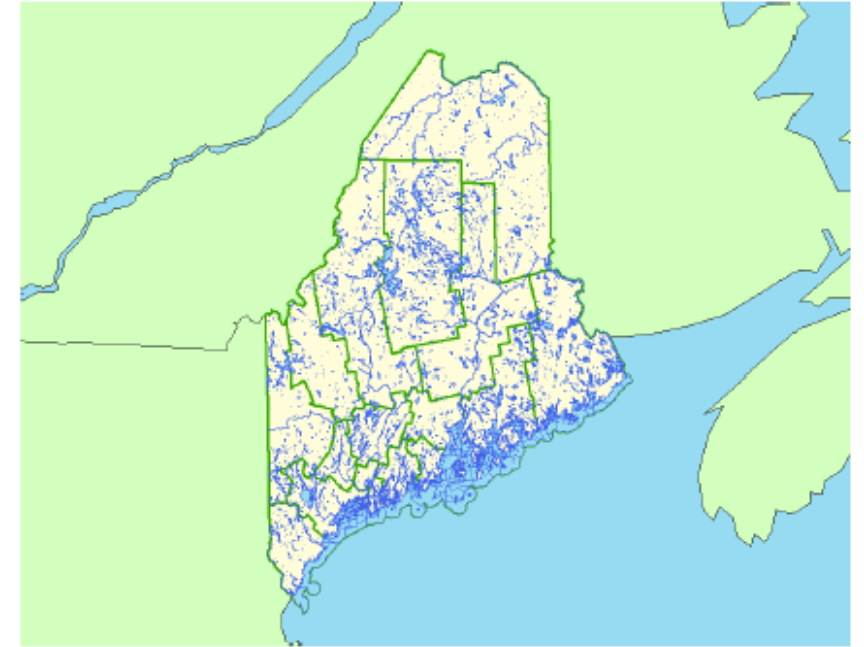
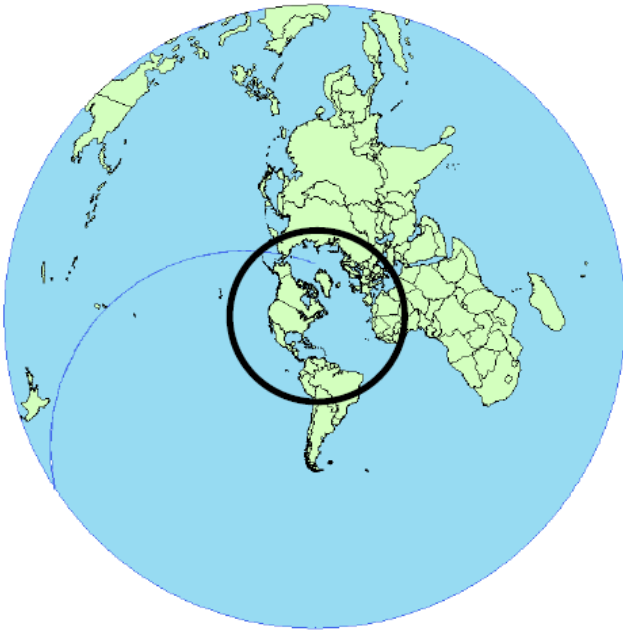


Cónica conforme de Lambert



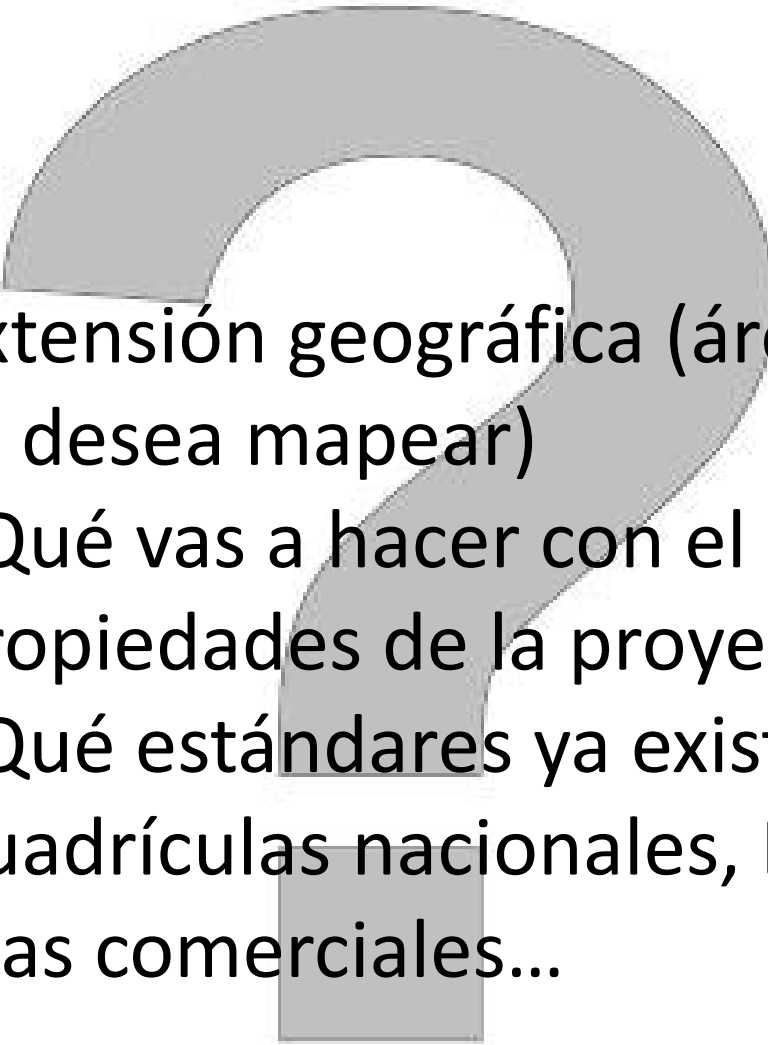
- Se utiliza para mostrar una región que tiene una mayor extensión este-oeste en latitudes medias.
- Las distancias son verdaderas solo a lo largo de los dos paralelos estándar (líneas de contacto) y son razonablemente precisas en otras partes de regiones limitadas.
- La distorsión de formas y áreas es mínima, pero aumenta con respecto a los paralelos estándar.

Estereográfica



- Se utiliza para mapear grandes áreas continentales de extensión similar en todas direcciones.
- Los aspectos polares se utilizan para mapas topográficos y cartas para navegar en latitudes superiores a 80°
- La escala aumenta alejándose desde el punto central.
- Cualquier línea recta que pase por el punto central es un círculo máximo. La distorsión de áreas y formas grandes aumenta alejándose del punto central.

Tantas proyecciones: ¿cómo elijo?

- 
- Extensión geográfica (área en la que desea mapear)
 - ¿Qué vas a hacer con el mapa?
 - Propiedades de la proyección
 - ¿Qué estándares ya existen?
 - Cuadrículas nacionales, EPSG, reglas comerciales...

Referencia adicional

- NGS Video

Library:http://www.ngs.noaa.gov/corbin/class_description/NGS_Video_Library.shtml

- Libro: Longitude: The True Story of a Lone Genius Who Solved the Greatest Scientific Problem of His Time by Dava Sobel

- Libro: Datums and Map Projections: For Remote Sensing, GIS and Surveying, Second Edition*2nd Edition* byJonathan Iliffe(Editor),Roger Lott(Editor)

- Libro : Flattening the Earth: Two Thousand Years of Map Projections by John P Snyder



BLUE MARBLE GEOGRAPHICS

¡GRACIAS!
PREGUNTAS, COMENTARIOS?

Consulte ENGESAT Imagens de Satélites

Distribuidor Master de BLUE MARBLE Geographics em América Latina

www.engesat.com.br y <http://www.engesat.com.br/software/geographic-calculator/>

E-mail laurent.martin@engesat.com.br