

COORDENADAS:

GIS

y

GPS

por

Prof. Linda L. Vélez-Rodríguez

Depto. Ing. Civil y Agrimensura

UPR-RUM

Introducción

- Examinaremos el “rol” que juegan las coordenadas en los sistemas de información geográfica (GIS por sus siglas en ingles) y en los sistemas de posicionamiento global (GPS por sus siglas en ingles) hoy denominados GNSS que significa Sistemas de Satélites de Navegación Global por sus siglas en ingles, por la variedad de constelaciones de satélites artificiales que tenemos disponibles.

Definiciones

COORDENADAS –Por definición son cantidades lineales o angulares, o ambas, que designa la posición de un punto relativo a un marco de referencia.

GIS- sistema basado en el uso de las computadoras especialmente diseñado e implementado con dos propósitos interrelacionados: manejar datos geográficos y usar estos datos para resolver problemas espaciales.

GNSS- sistemas de constelación de satelites artificiales puestos en orbitas pre-definidas para definir posiciones y para navegar: se componen de tres segmentos, ellos son el espacial; el de control; y los usuarios.

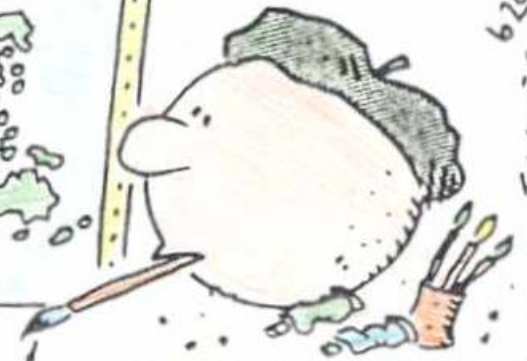
La relación entre los sistemas de coordenadas y las proyecciones cartográficas es confusa debido a que los sistemas de coordenadas se construyen basados en las proyecciones cartográficas, pero estos sistemas no son proyecciones cartográficas ellas mismas

Proyecciones cartográficas y sistemas de coordenadas son conceptos distintos que sirven dos propósitos diferentes en georeferenciación. La función de las proyecciones cartográficas es el definir como posiciones en la superficie curva de la Tierra son transformadas en mapa de una superficie plana. El sistema de coordenadas se sobreponer en la superficie para proveer un marco de referencia por el cual las posiciones son medidas y calculadas.

PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS

justo y franco

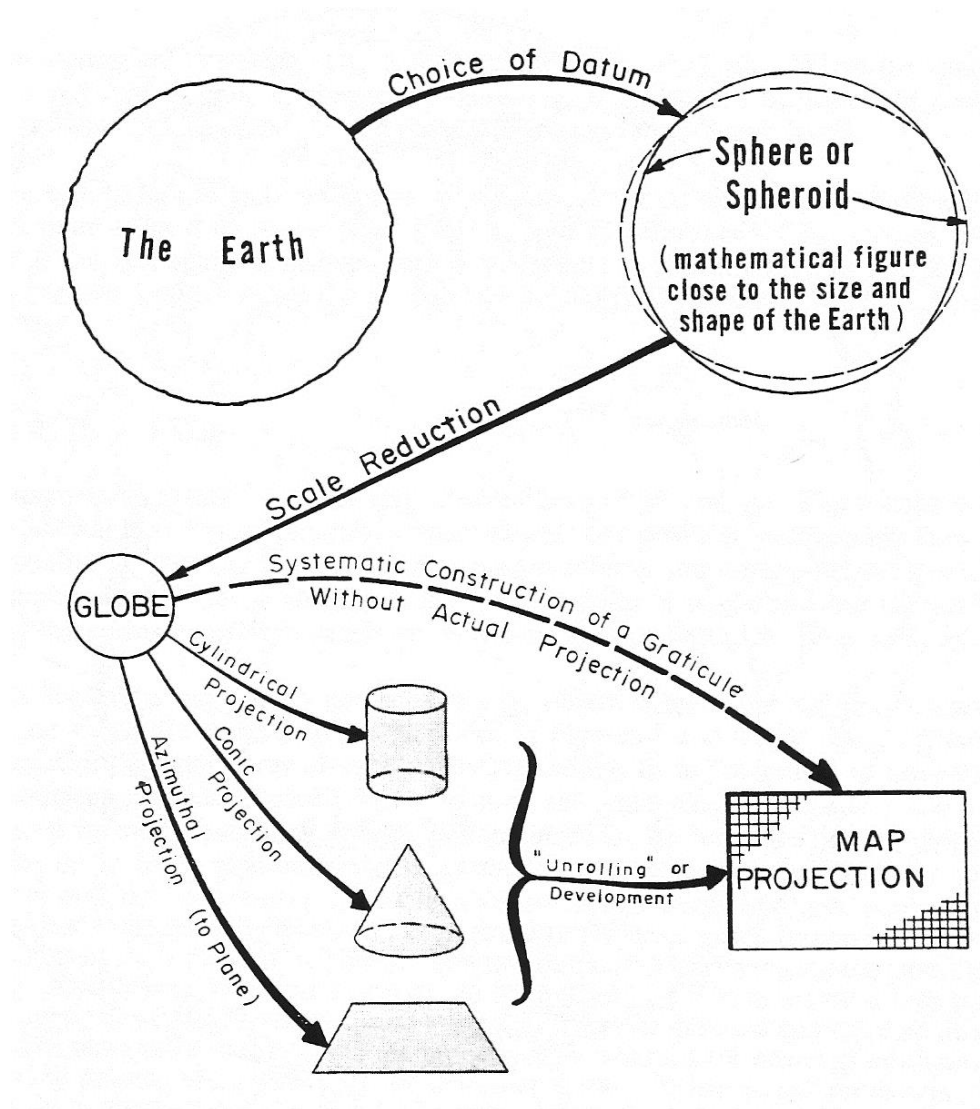
¡TÚ NO ME DIJISTE QUE
IBA A SER UN
DIBUJO
ABSTRACTO!



Email: FandEBobt@AOL.COM

6296
© 1995 BY NEA, INC. THAVES

PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS



PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS

Clasificación de Proyecciones Cartográficas

CLASES	V A R I E D A D E S		
	<i>CONSIDERACIONES EXTRINSECAS</i>		
NATURALEZA	PLANA / AZIMUTAL	CONICA	CILINDRICA
COINCIDENCIA	TANGENTE	SECANTE	POLISUPERFICIAL
POSICION	NORMAL	TRANSVERSAL	OBLICUA
	<i>CONSIDERACIONES INTRINSECAS</i>		
PROPIEDAD	EQUIDISTANTE	EQUIVALENTE	CONFORME
GENERACION	GEOMETRICA	SEMI-GEOMETRICA	MATEMATICA

National Spatial Reference System

El Sistema Nacional de Coordenadas

Consiste en:

- Latitud
- Longitud
- Alturas
- Escala
- Gravedad
- Orientación

Y como estos valores cambian
con el tiempo



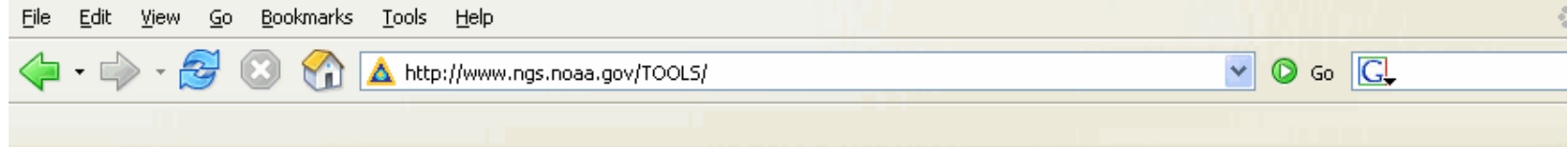
NSRS – Sistemas de Coordenadas

Latitude & Longitude
State Plane Coordinates
UTM Coordinates
Earth-Centered
Earth-Fixed

NAD 83
NAD 27
NGVD 29
NAVD 88
PRVD 02
ITRF00



NSRS - Componentes



NGS Geodetic Tool Kit



on-line interactive computation of geodetic values

See the text version of an [article](#) about the NGS Geodetic Toolkit that appeared in the *Professional Surveyor* magazine, May 2003 Volume 23, Number 4

([See all the Professional Surveyor Articles about the NGS Geodetic Toolkit](#))

To learn more about a particular online program, click on its link for a description:

[DEFLEC99](#)

[DYNAMIC HT](#)

[G99SSS](#)

[GEOID99](#)

[GEOID03](#)

[USGG2003](#)

[HTDP](#)

[IGLD85](#)

[Inverse/Forward/Invers3D/Forwrd3D](#)

[LVL_DH](#)

[Magnetic Declination](#)

[NADCON](#)

[NAVD 88 Modelled Gravity](#)

[Online Adjustment User Services](#)

[Online Adjustment Utilities User Services](#)

[OPUS](#)

[State Plane Coordinates](#)

[Surface Gravity Prediction](#)

[Tidal and Orthometric Elevations](#)

[U.S. National Grid](#)

[Universal Transverse Mercator Coordinates](#)

[VERTCON](#)

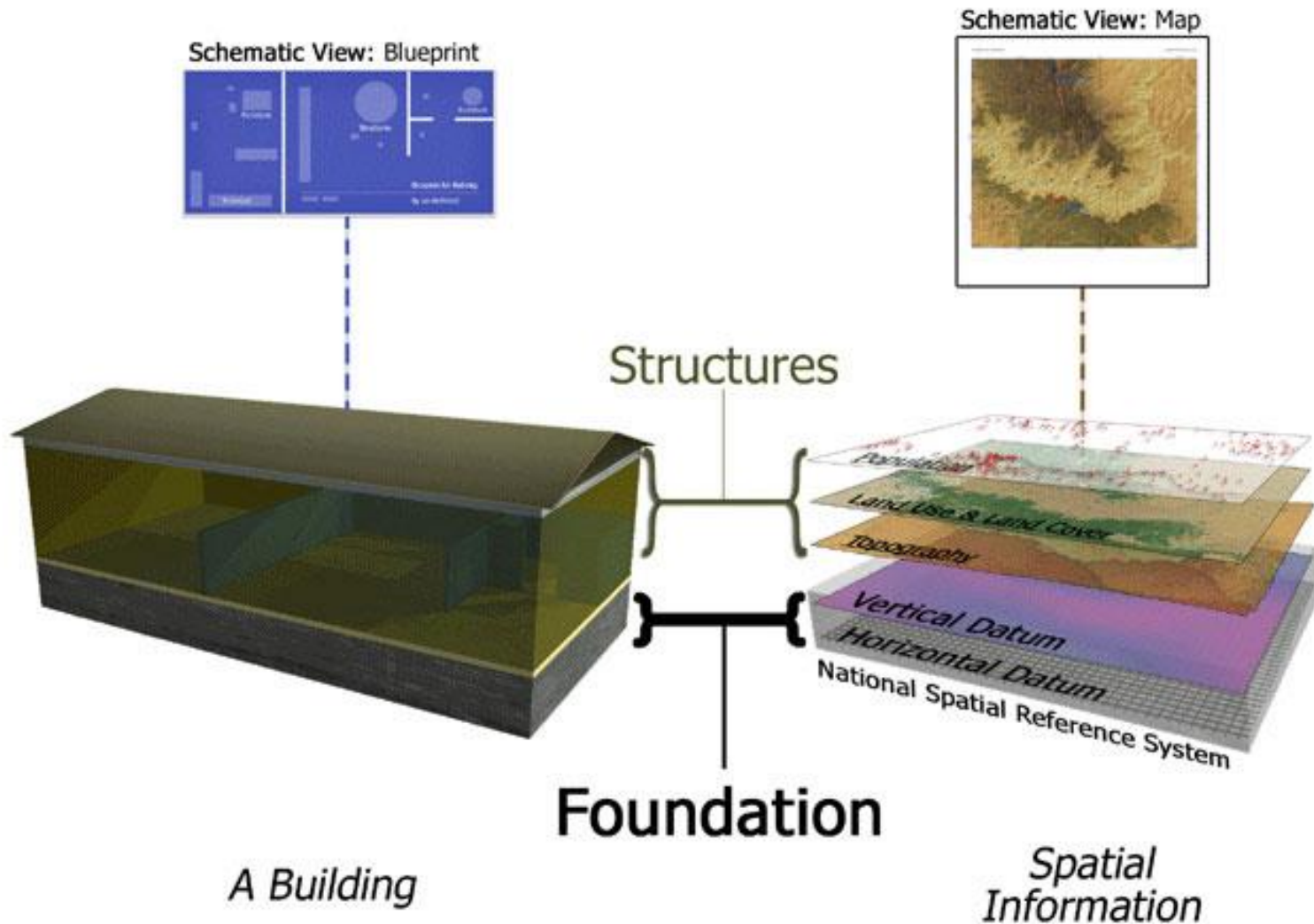
[XYZ Coordinate Conversion](#)

OR... Know what you want to do?

Select a function from this list:

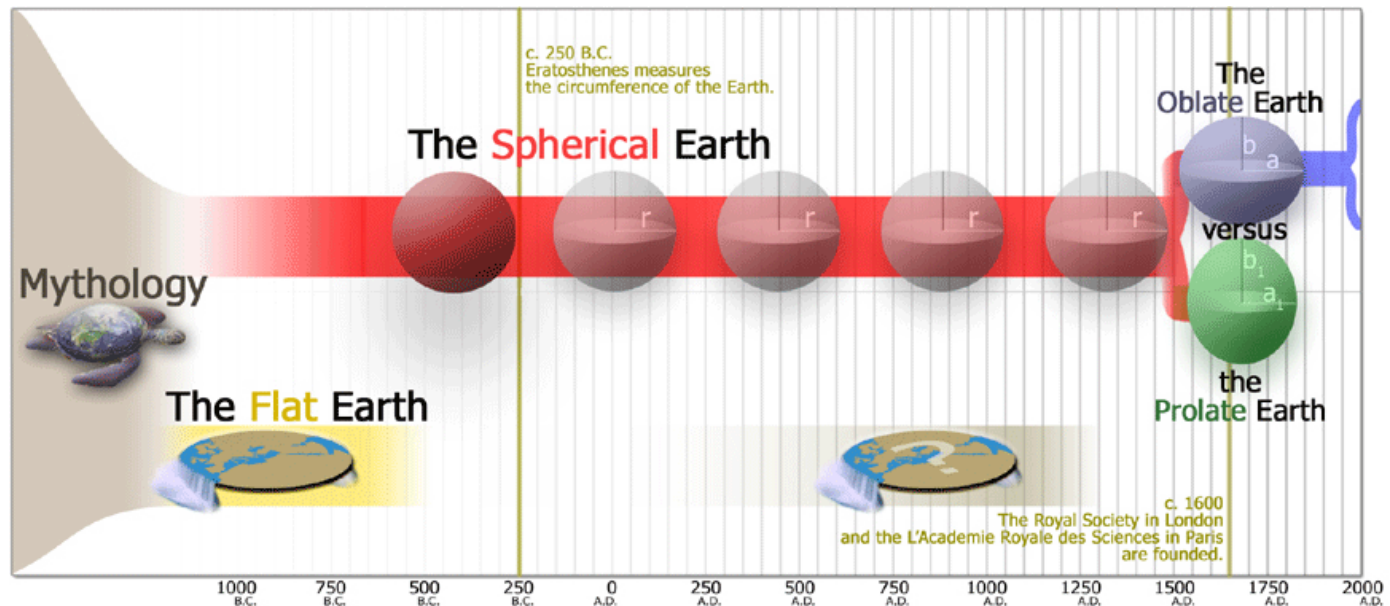
SELECT A TOOLKIT SHORTCUT

Estructura vs. Datos Geo-Espaciales



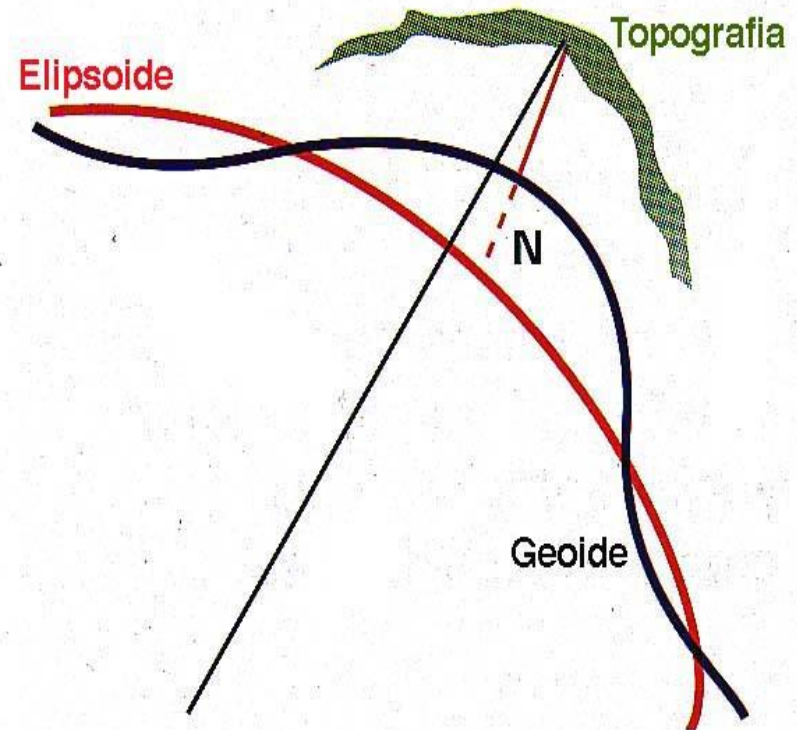
Geodesia

- Se define como la rama de la matemática aplicada que tiene que ver con el estudio de la forma y tamaño de la Tierra al igual que su campo gravitacional.
- Es una de las Geo-Ciencias o Ciencias Terrestres, junto con: Geografía, Geología, Geofísica y Geomorfología

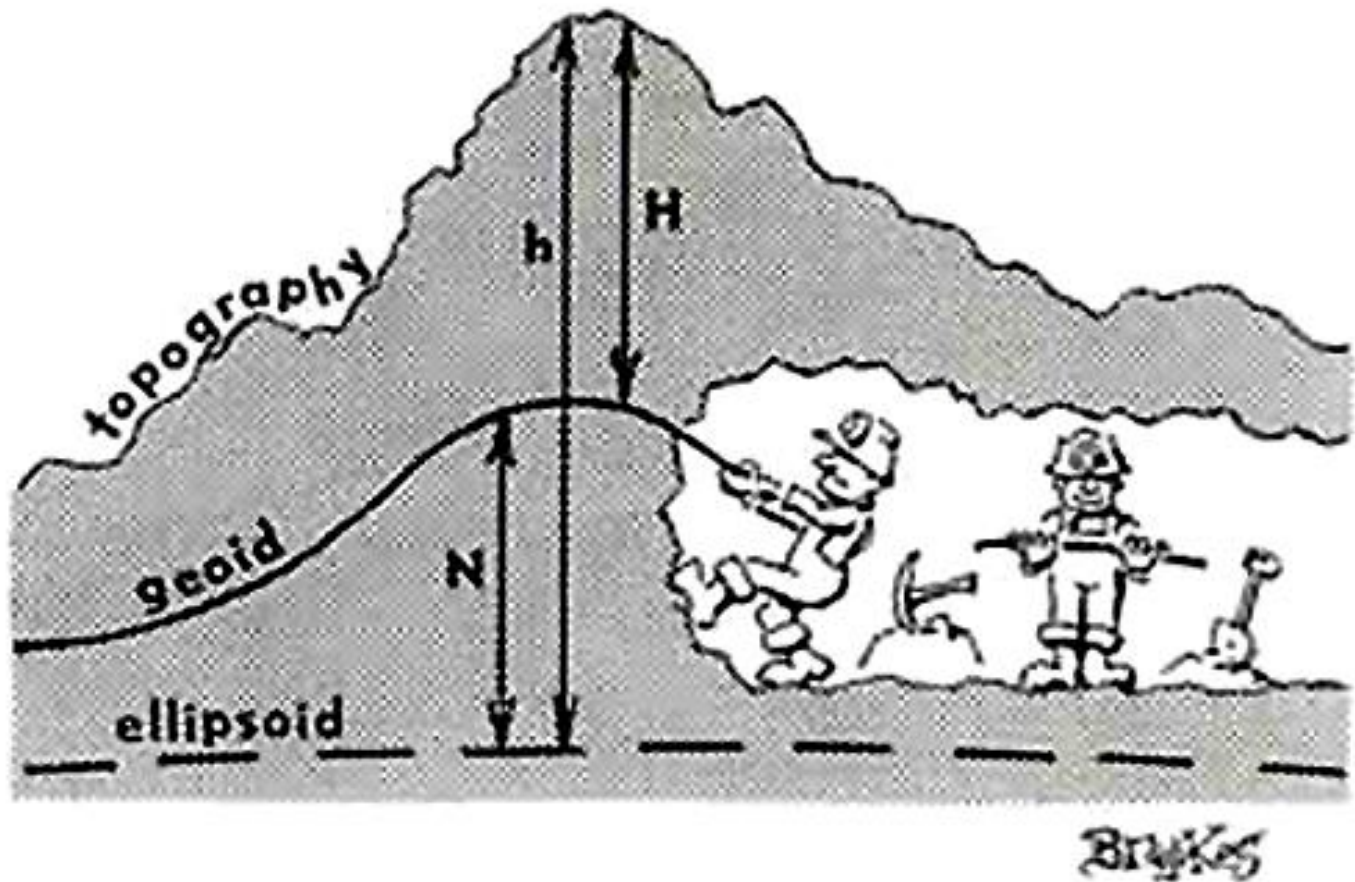


Tres Superficies: Una Realidad

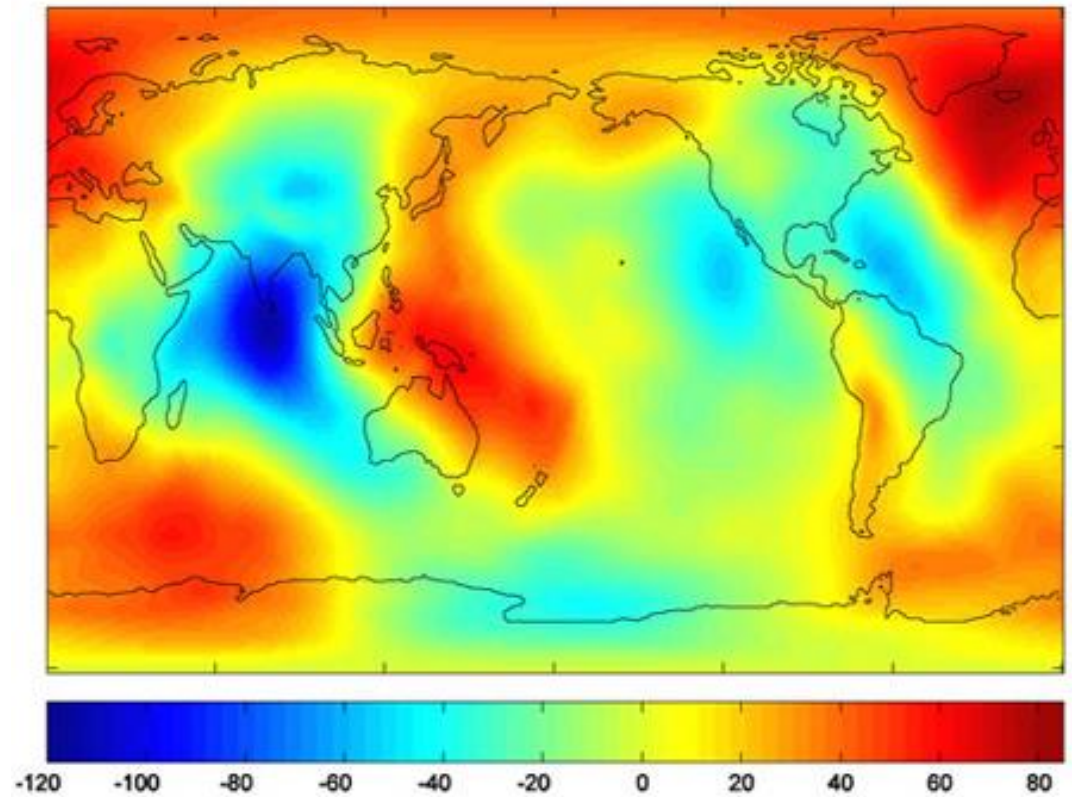
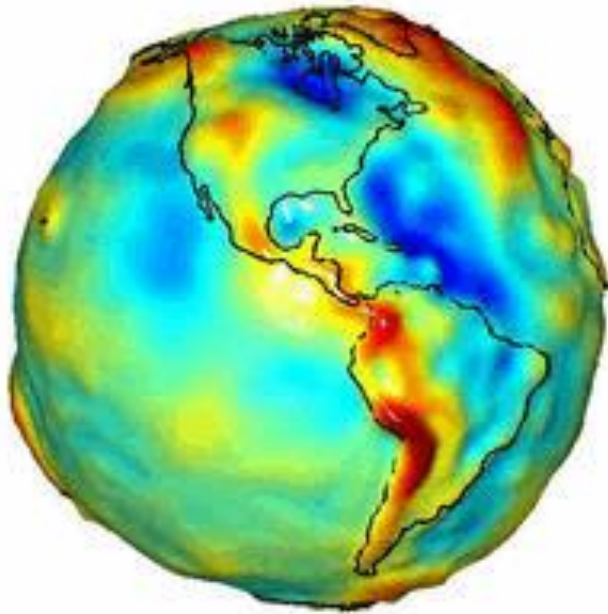
- **Topografía** - superficie de nuestro planeta donde nosotros hacemos las observaciones
- **Elipsoide** - superficie matemática que usamos para describir la tierra
- **Geoide** - superficie física que denota el potencial de gravedad de nuestro planeta



Buscando el geoid...



Gravity Recovery And Climate Experiment



DATUMS

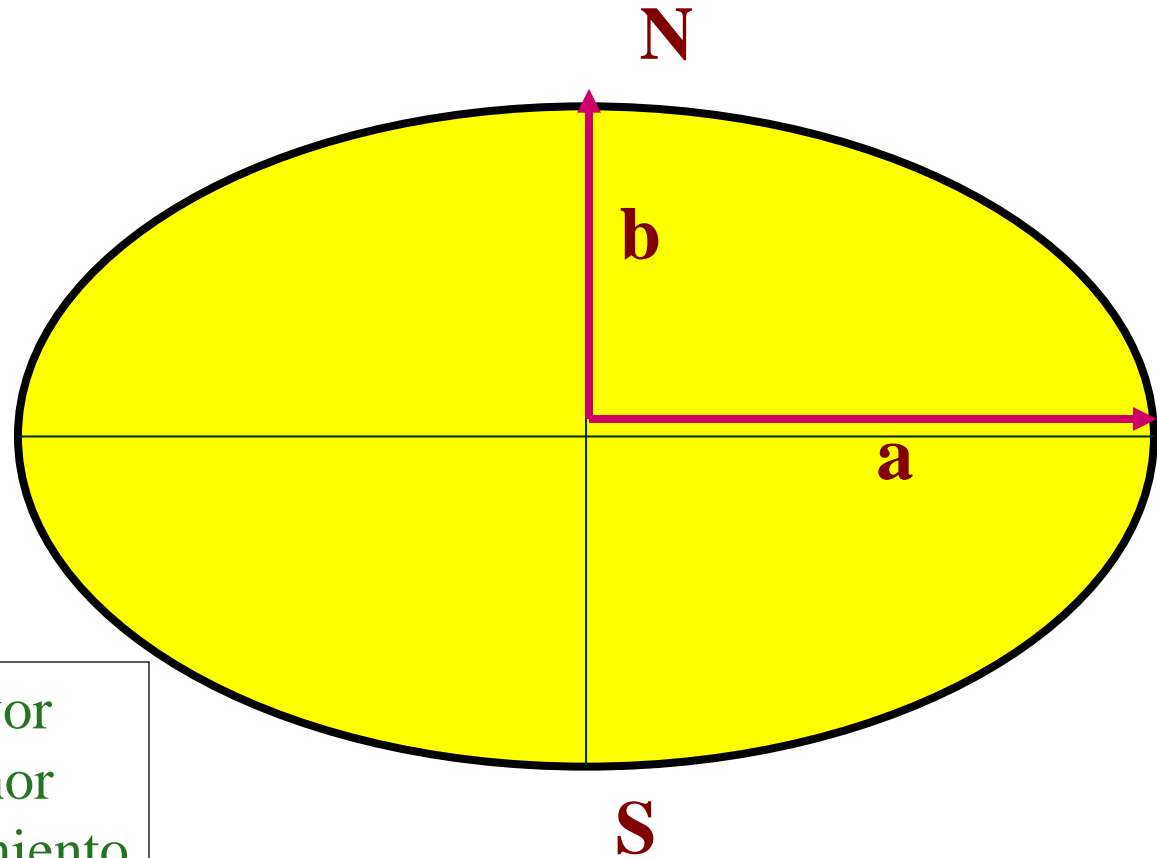
- Un DATUM es un conjunto de parámetros que definen un sistema de coordenadas y un conjunto de puntos de control cuya relación geométrica es conocida ya sea por medidas o cálculos.

Dewhurst, 1990

- Todos los DATUMS se fundamentan en un elipsoide, el cual aproxima la forma de la **Tierra**.

EL ELIPSOIDE

MODELO MATEMATICO DE APROXIMACION DE LA TIERRA



a = Semi Eje Mayor
 b = Semi Eje Menor
 $f = (a-b)/a = \text{Achatamiento}$

ELIPSOIDES y sus parametros

CLARKE 1866

$$a = 6,378,206.4 \text{ m} \quad 1/f = 294.97869821$$

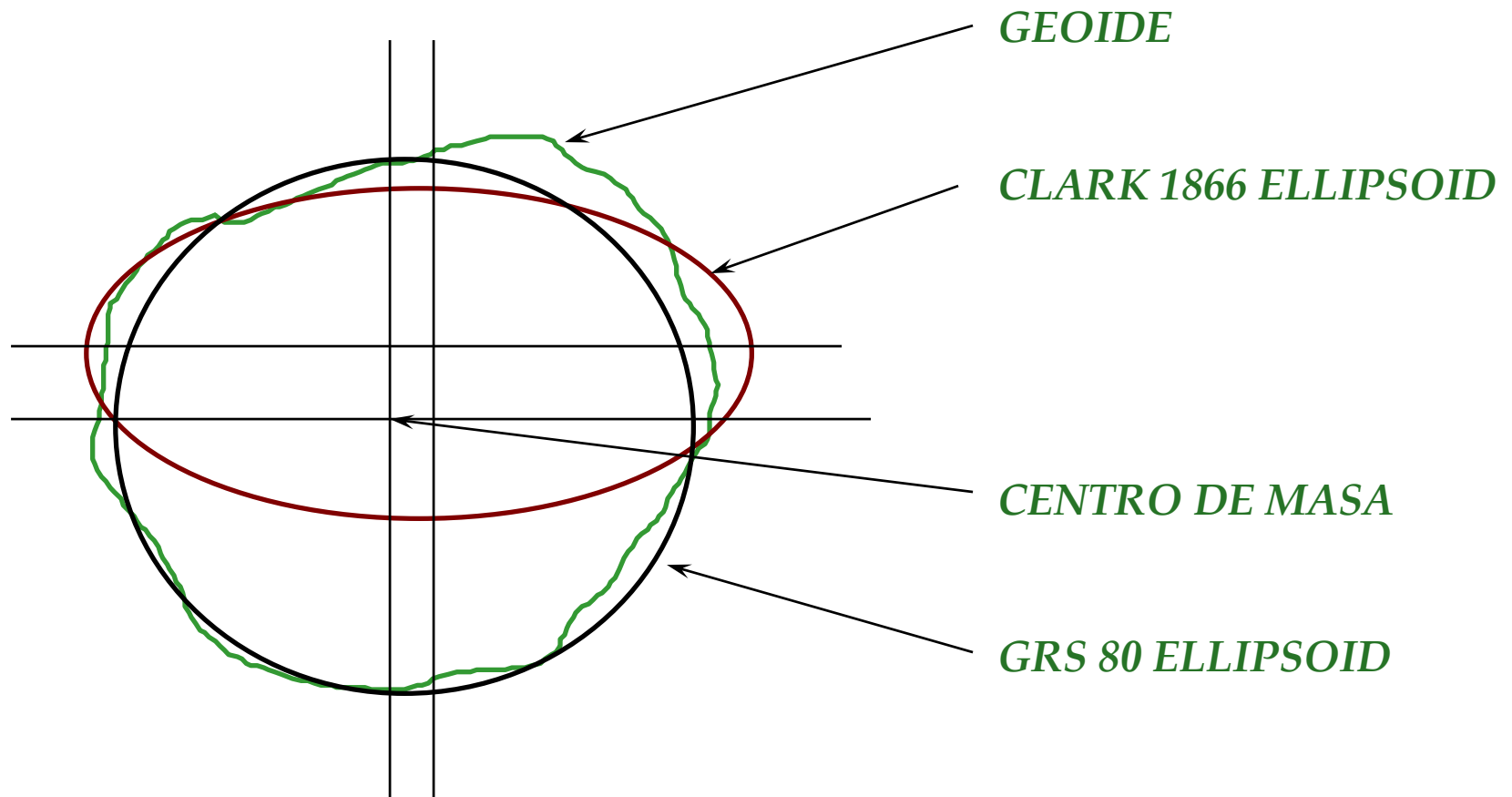
GEODETTIC REFERENCE SYSTEM 1980 - (GRS 80)

$$a = 6,378,137 \text{ m} \quad 1/f = 298.257222101$$

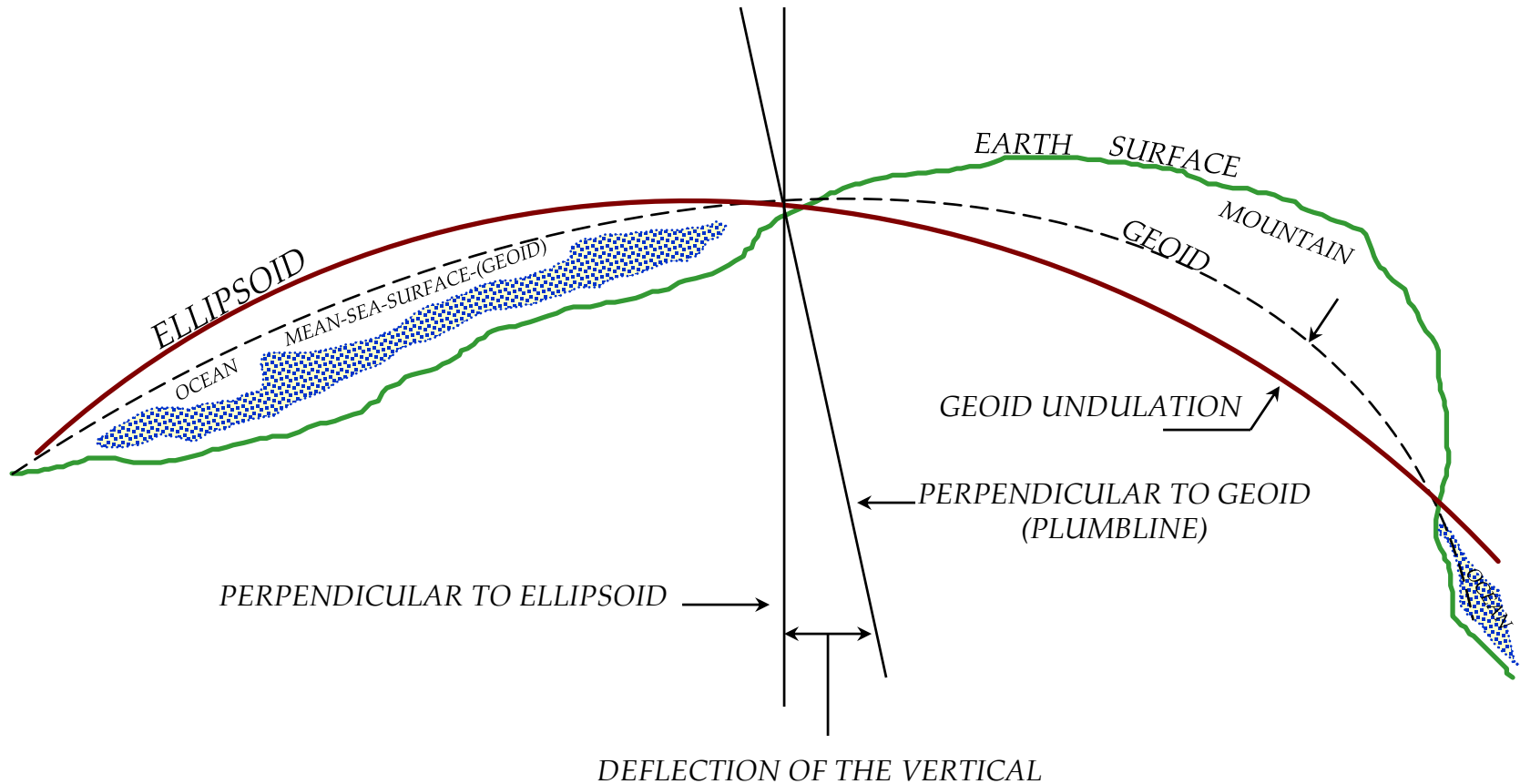
WORLD GEODETTIC SYSTEM 1984 - (WGS 84)

$$a = 6,378,137 \text{ m} \quad 1/f = 298.257223563$$

NORTH AMERICAN DATUM EL GEOIDE Y DOS ELIPSOIDES

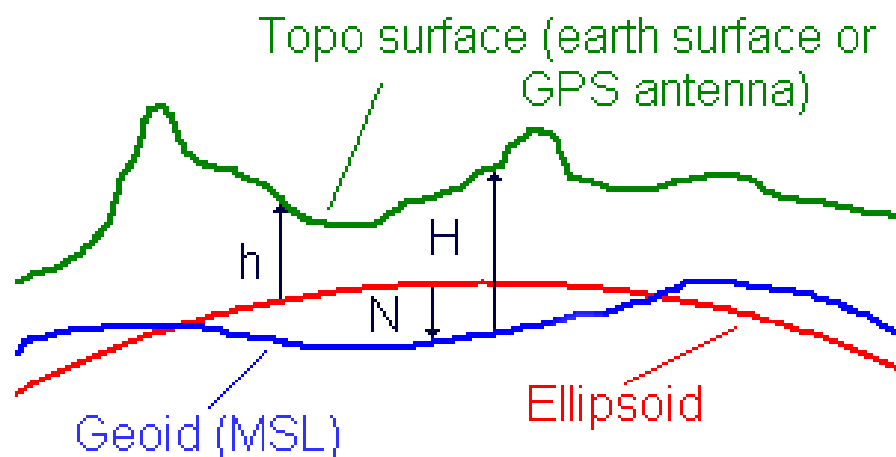


Relación Geoide-Elipsoide



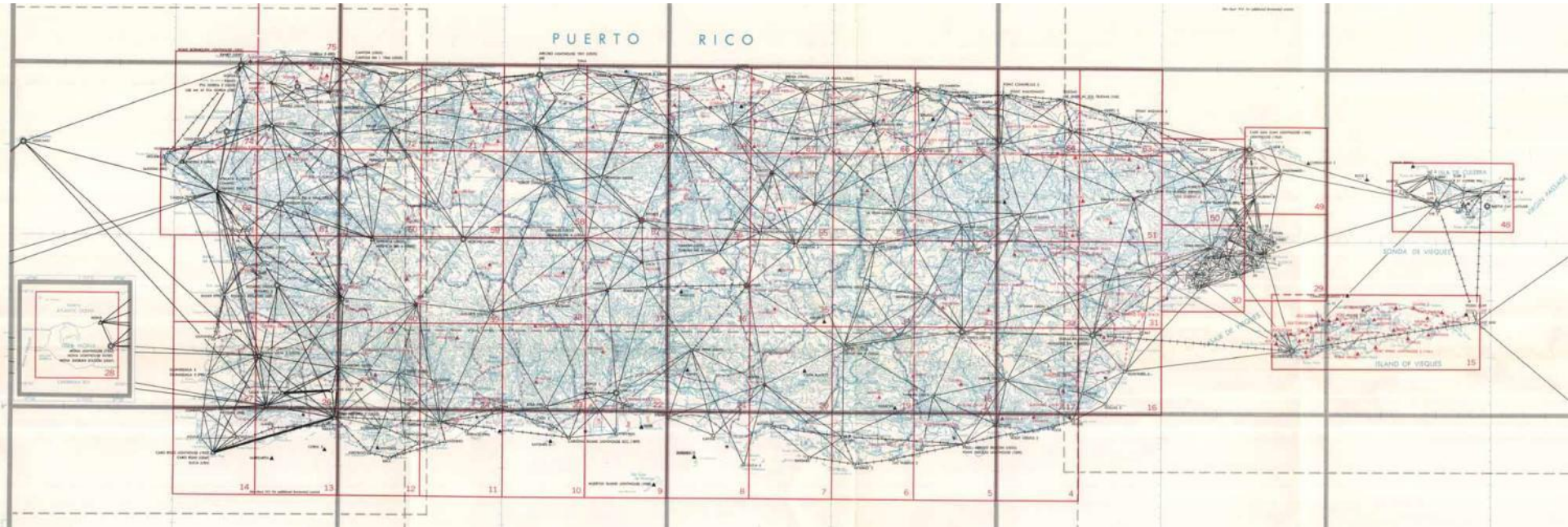
Elevaciones y 3 superficies de referencia

$$h=H+N$$

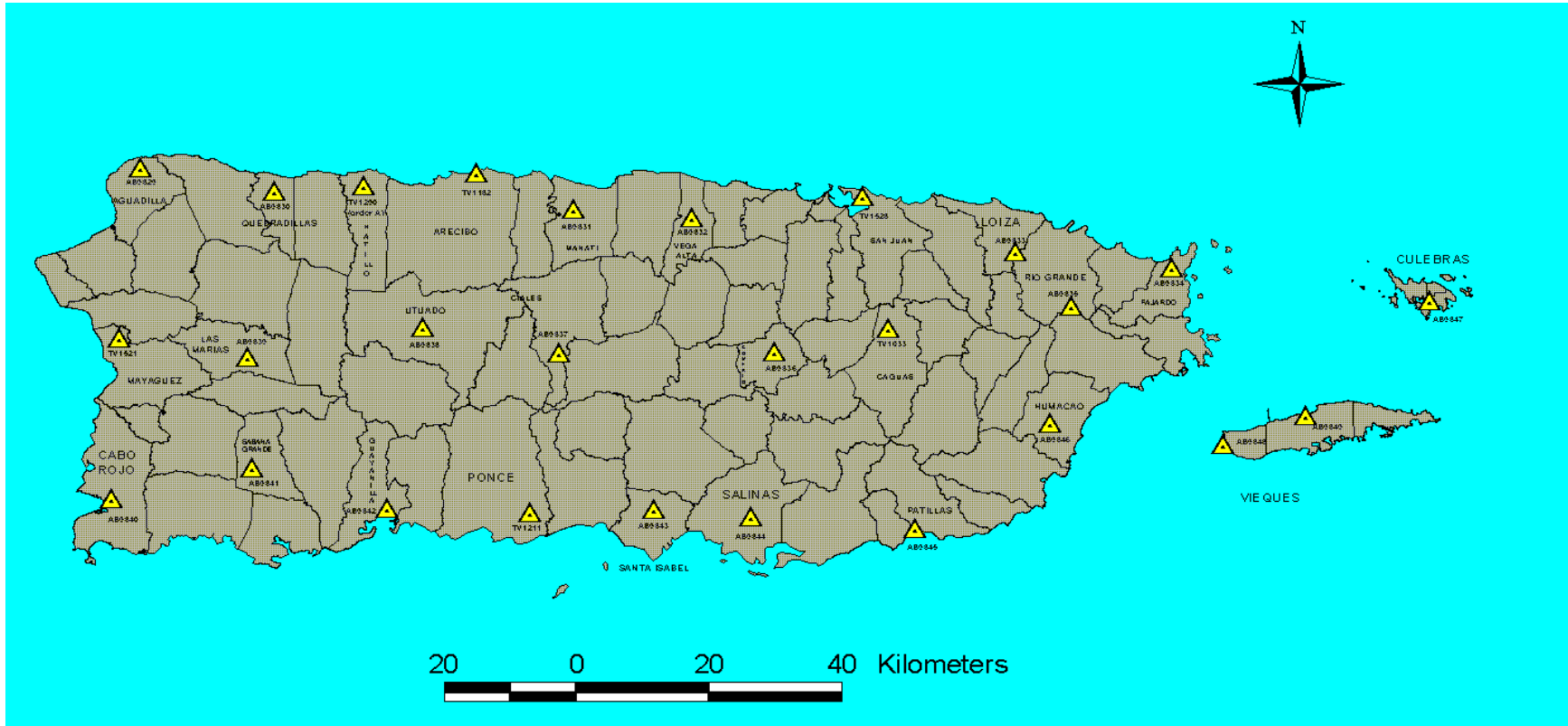


h =ellipsoid height
 H =orthometric height
 N =geoid height

Red de Triangulación

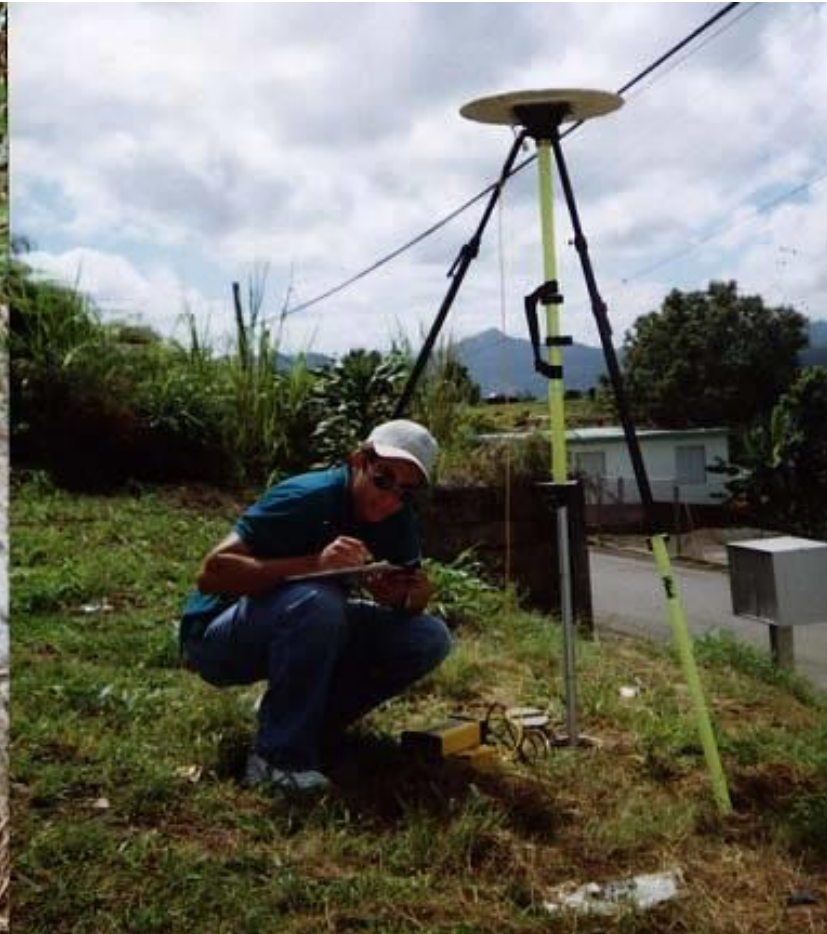


Red del CRIM del 1995



Las Marias 2

Control Geodésico establecido en 1995 por el CRIM



Datums Verticales

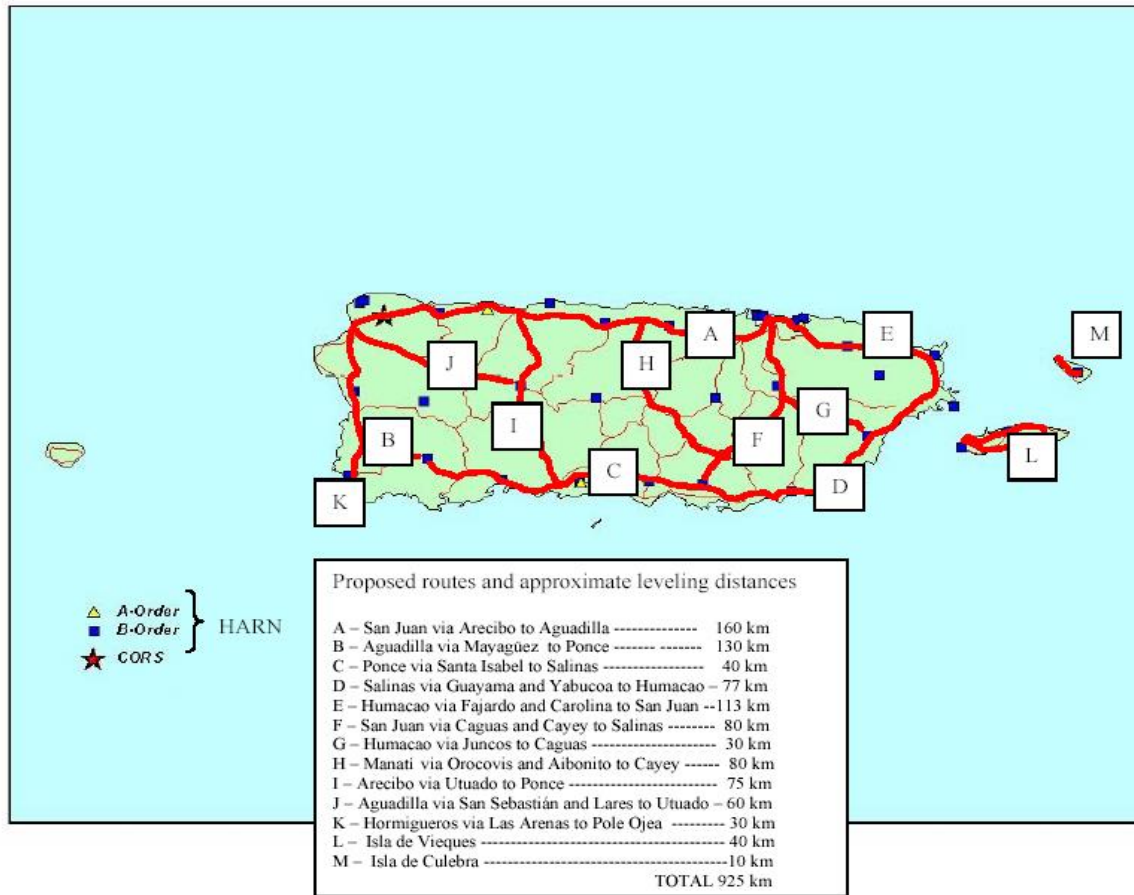
- Los Datums Verticales son locales
 - Puerto Rico Vertical Datum 2002 (PRVD02)
 - Se usa en PR en el epoch del 1982-2001 de datos del mareógrafo de La Puntilla
 - El cero esta en las Oficinas de la Guardia Costanera en La Puntilla en el Viejo San Juan
 - Se corrió una nivelación en Mayo del 2002 desde La Puntilla hasta Aguadilla bajo el auspicio del National Geodetic Survey (NGS)
 - Este proyecto del PRVD02 lo realizarón dos firmas de agrimensores de Puerto Rico, siguiendo los “standards” del NGS pues fue una nivelación de primer orden.

Mareógrafo de la Puntilla, Viejo San Juan

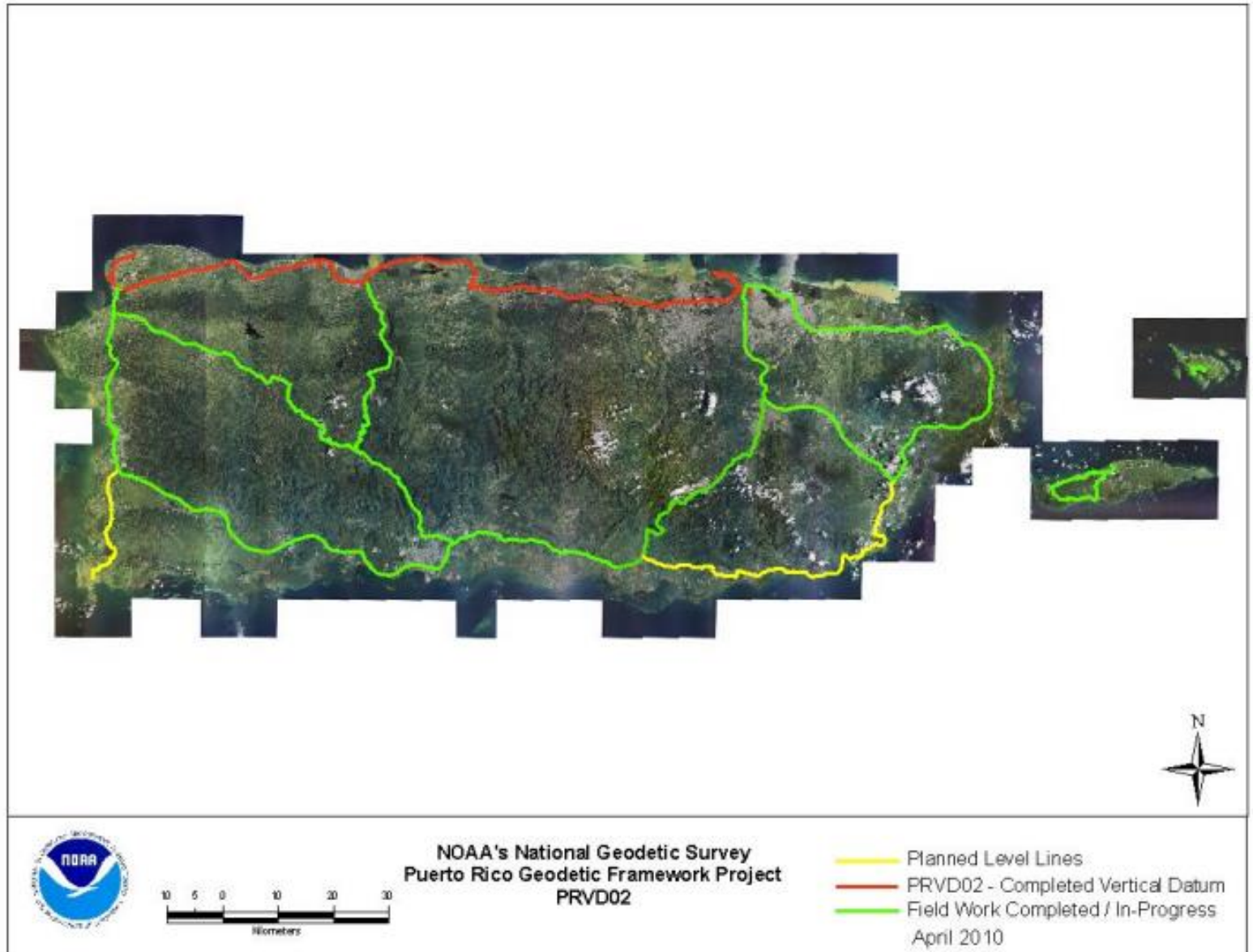


PRVD02: Sus rutas propuestas

925 kilómetros incluyendo Vieques y Culebra



PRVD02: Sus rutas y realizadas al 2010



PRVD02 –Importancia

- Como parte de este proyecto se realizaron observaciones gravimétricas en Mayagüez y Aguadilla, y se efectuó un vuelo en enero del 2009 con un gravímetro en el avión como parte del proyecto denominado GRAV-D (Gravity for the Re-definition of the American Vertical Datum).



Gravímetro Absoluto FG-5



PRVD02 –Importancia

- El gobierno del Estado Libre Asociado de Puerto Rico apporto \$3,000,000 por conducto de tres de sus agencias ellas son la Oficina de Presupuesto y Gerencia; el Departamento de Transportación y Obras Públicas y la Autoridad de Energía Eléctrica.
- El Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico ha tenido un rol muy importante en este proyecto, pues se esta muy conciente de la importancia del mismo y lo que significa para el desarrollo de la infraestructura del país, junto con los cambios que ocasionara en el desempeño de la profesión de la agrimensura en lo referente a obtener elevaciones.

Controles Verticales del USGS

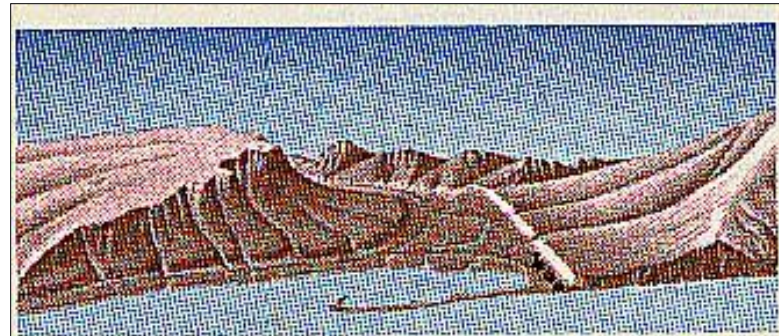
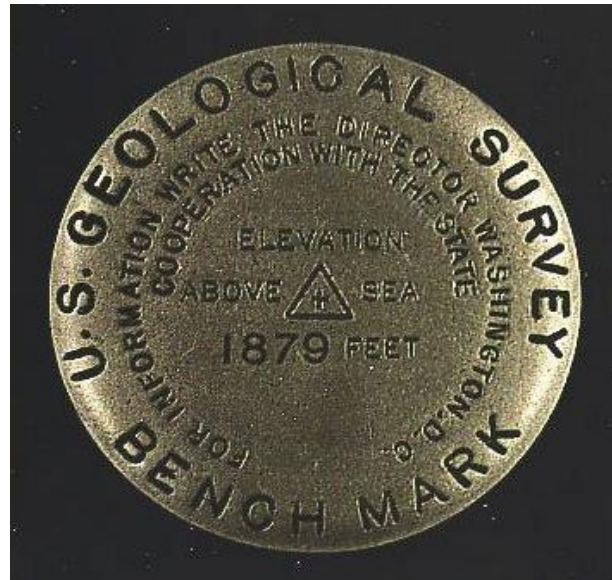
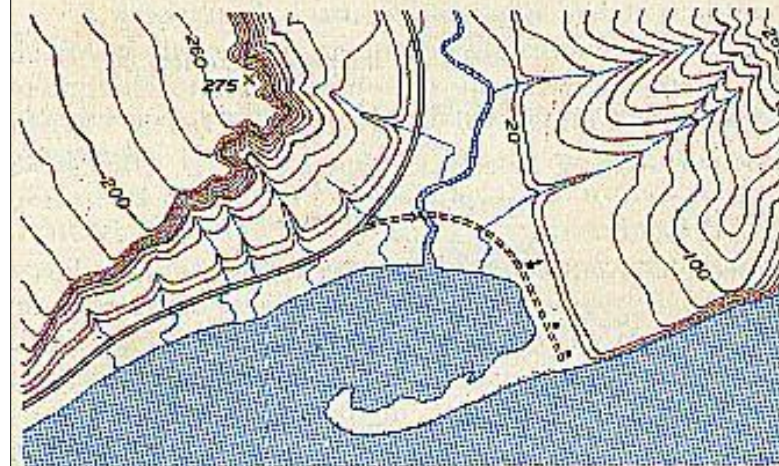


FIGURE 22. Ground configuration (*above*) shown by contours (*below*).



Vélez 2002



- HORZ ORDER - B
- NAD 83(2002)-
 - $\varphi=18^{\circ} 26' 41.28060''$ N $\lambda=67^{\circ} 08' 48.93357''$ W
 - SPC PRVI – N=267,825.241m E=124,618.857m
 - UTM 19 – N=2,040,399.173m E=695,701.034m
- NAD 83(2011) Epoch 2010.00-
 - $\varphi=18^{\circ} 26' 41.28162''$ N $\lambda=67^{\circ} 08' 48.92893''$ W
 - SPC PRVI – N=267,825.272m E=124,618.993m
 - UTM 19 – N=2,040,399.206m E=695,701.169m

- VERT ORDER - FIRST CLASS II
- PRVD02 - 134.320meters 440.68feet

1 National Geodetic Survey, Retrieval Date = FEBRUARY 19, 2013

DE5545 *****

DE5545 DESIGNATION - VELEZ

DE5545 PID - DE5545

DE5545 STATE/COUNTY- PR/AGUADILLA

DE5545 COUNTRY - US

DE5545 USGS QUAD -

DE5545

DE5545 *CURRENT SURVEY CONTROL

DE5545

$H \Rightarrow h - N$

$134.32 = 90.419 - (-43.90)$

$134.32 \neq 134.319$

DE5545* NAD 83(2011) POSITION- 18 26 41.28162(N) 067 08 48.92893(W) ADJUSTED

DE5545* NAD 83(2011) ELLIP HT- 90.419 (meters) (06/27/12) ADJUSTED

DE5545* NAD 83(2011) EPOCH - 2010.00

DE5545* [PRVD02](#) ORTHO HEIGHT - 134.320 (meters) 440.68 (feet) ADJUSTED

DE5545

DE5545 NAD 83(2011) X - 2,350,644.204 (meters) COMP

DE5545 NAD 83(2011) Y - -5,577,493.121 (meters) COMP

DE5545 NAD 83(2011) Z - 2,005,175.805 (meters) COMP

DE5545 LAPLACE CORR - 3.90 (seconds) DEFLEC12A

DE5545 GEOID HEIGHT - -43.90 (meters) GEOID12A

DE5545 VERT ORDER - FIRST CLASS II

DE5545

DE5545 FGDC Geospatial Positioning Accuracy Standards (95% confidence, cm)

DE5545 Type Horiz Ellip Dist(km)

DE5545 -----

DE5545 NETWORK 1.10 1.65

DE5545 -----

DE5545 MEDIAN LOCAL ACCURACY AND DIST (002 points) 1.02 0.82 65.27

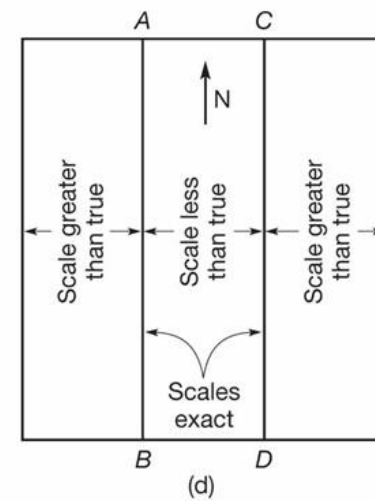
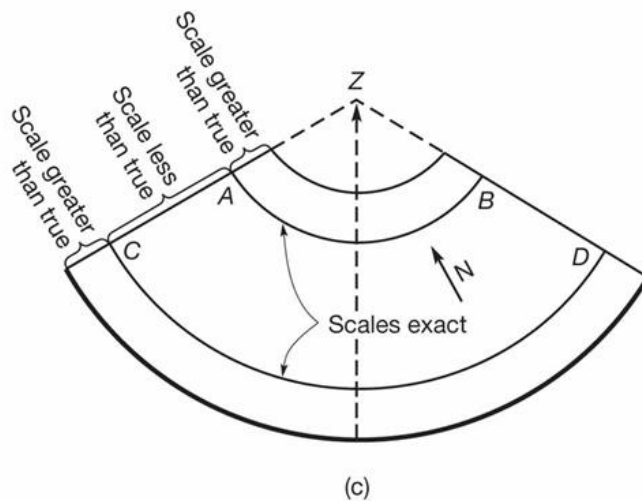
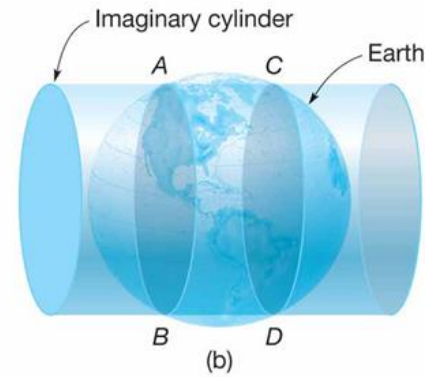
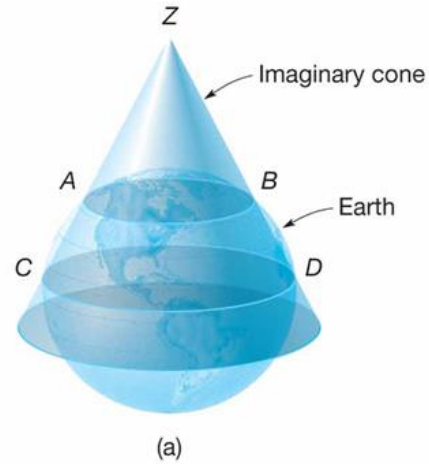
Sistema de Coordenadas Planas Estatales

- El gobierno federal desarrollo el sistema de coordenadas planas estatales para cada estado y sus territorios.
- En el caso en particular de Puerto Rico e Islas Virgenes se usa la proyección conforme cónica Lambert con dos paralelos standard, teniendo los siguientes parametros para el NAD 83:

$$\varphi_N = 18^\circ-26' \text{ N}; \varphi_s = 18^\circ-02' \text{ N}; \varphi_0 = 17^\circ-50' \text{ N};$$

$$\lambda_0 = 66^\circ- 26' \text{ W}; N_b = 200,000.0\text{m}; E_0 = 200,000.0 \text{ m}$$

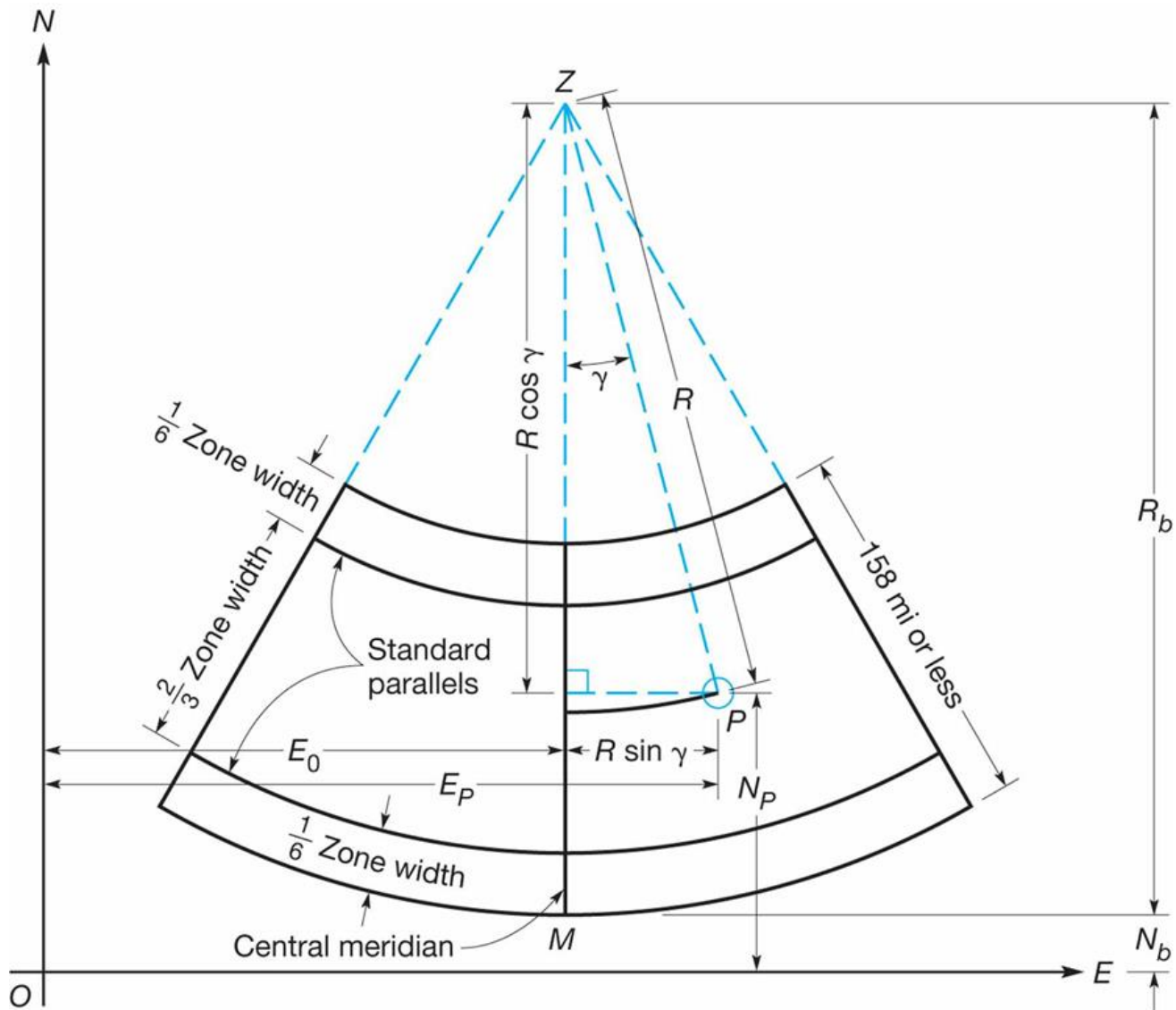
Cono y Cilindro en SPCS



Sistema de Coordenadas Planas Estatales

Lambert system		Transverse mercator system		Both
Arkansas	North Dakota	Alabama	Mississippi	Alaska
California	Ohio	Arizona	Missouri	Florida
Colorado	Oklahoma	Delaware	Nevada	New York
Connecticut	Oregon	Georgia	New Hampshire	
Iowa	Pennsylvania	Hawaii	New Jersey	
Kansas	South Carolina	Idaho	New Mexico	
Kentucky	South Dakota	Illinois	Rhode Island	
Louisiana	Tennessee	Indiana	Vermont	
Maryland	Texas	Maine	Wyoming	
Massachusetts	Utah			
Michigan	Virginia			
Minnesota	Washington			
Montana	West Virginia			
Nebraska	Wisconsin			
North Carolina				

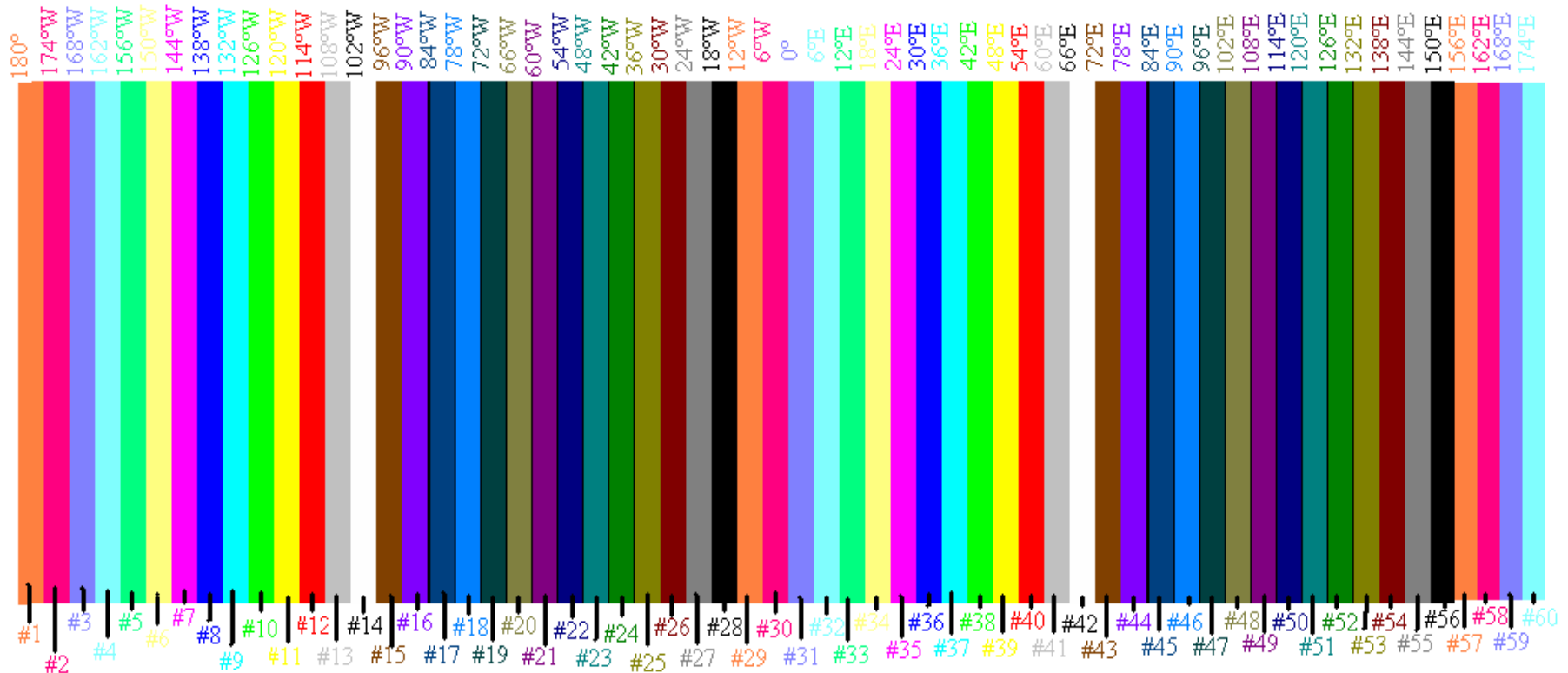
Conica Lambert



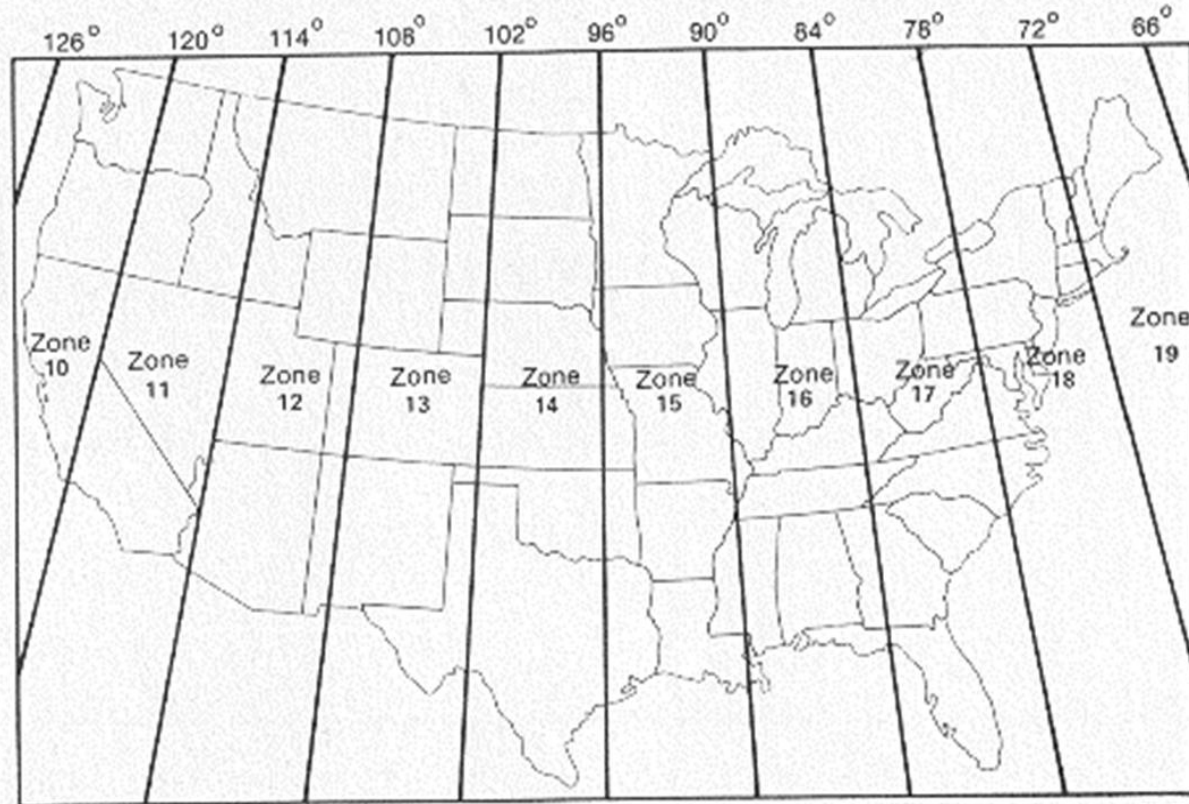
Universal Transverse Mercator

- Las zonas se designan con números desde el 1 al 60.
 - Desde 180° W hacia 0° termina 180° E.
- Las zonas se calculan, basado en la longitud:
 - para las longitudes al oeste del meridiano de Greenwich
 - restando 180° menos la longitud y se divide entre seis.
 - para las longitudes al este del meridiano de Greenwich;
 - sumando 180° a la longitud y se divide entre seis.
- El resultado se toma el entero **mayor** sino da un entero.

60 Zonas de Sistema UTM



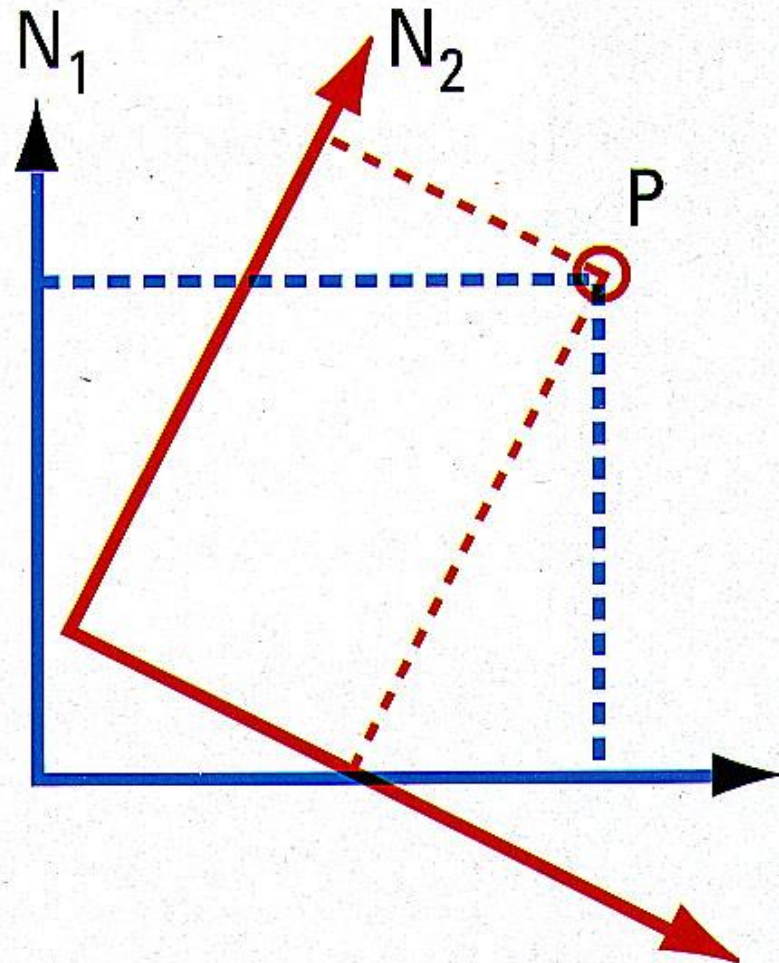
Zonas del sistema UTM en EUA



Transformación de Coordenadas

- Transformación de coordenadas
 - convertir de un sistema de coordenadas a otro
- Pasos:
 - Medición por escala (Scaling)
 - crear dimensiones iguales en dos sistemas de coordenadas
 - Rotación (Rotation)
 - hacer ejes de referencia de dos sistemas paralelos
 - Translación (Translation)
 - crear un origen común de dos sistemas de coordenadas

Transformación de Coordenadas

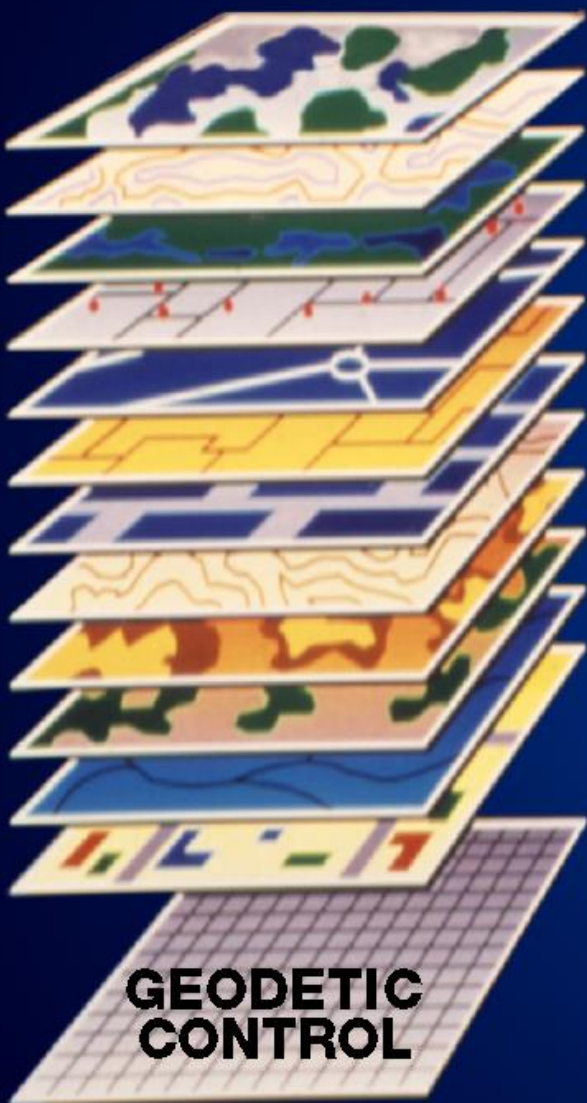


Sistema de Informacion Geografica

- Los Sistema de Informacion Geografica mejor conocidos por sus siglas en ingles GIS (Geographic Information Systems) es una herramienta que hace uso de la capacidad de manejar datos espaciales a una gran velocidad que tienen las computadoras.
- Los terminos LIS (Land Information Systems) y AM/FM (Automated Mapping/Facilities Management) son terminos similares.
- Los sistemas incluyen las personas, los datos, al igual que los programas de computadoras y las mismas computadoras, es decir el “hardware” y “software”.

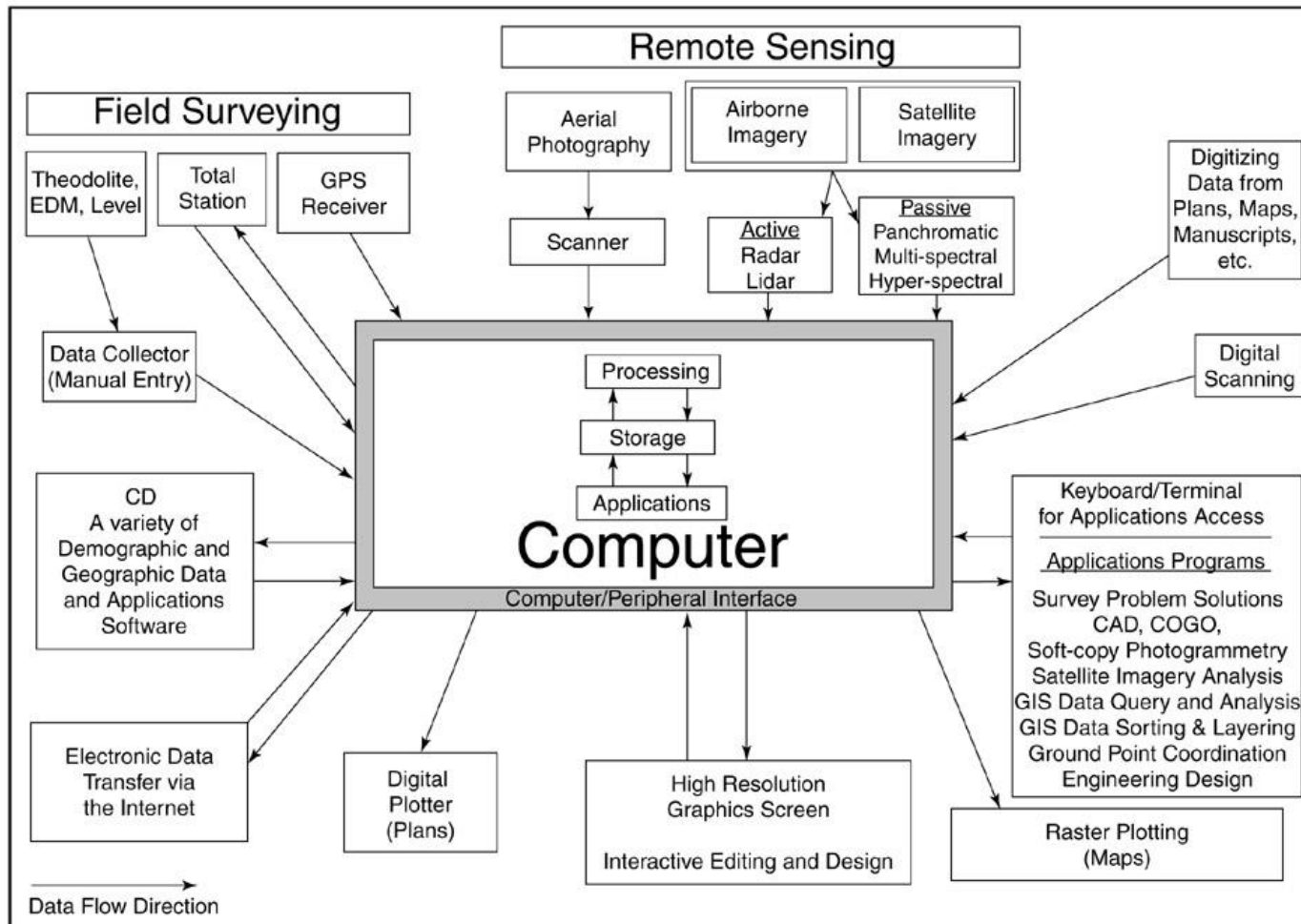
Geographic Information Systems (GIS)

Wards and Precincts
Demographics
Structures
Water Utilities
Sewerage
Electrical Utilities
Roads
Boundaries
Land Use
Hydrology
Soils
Topography



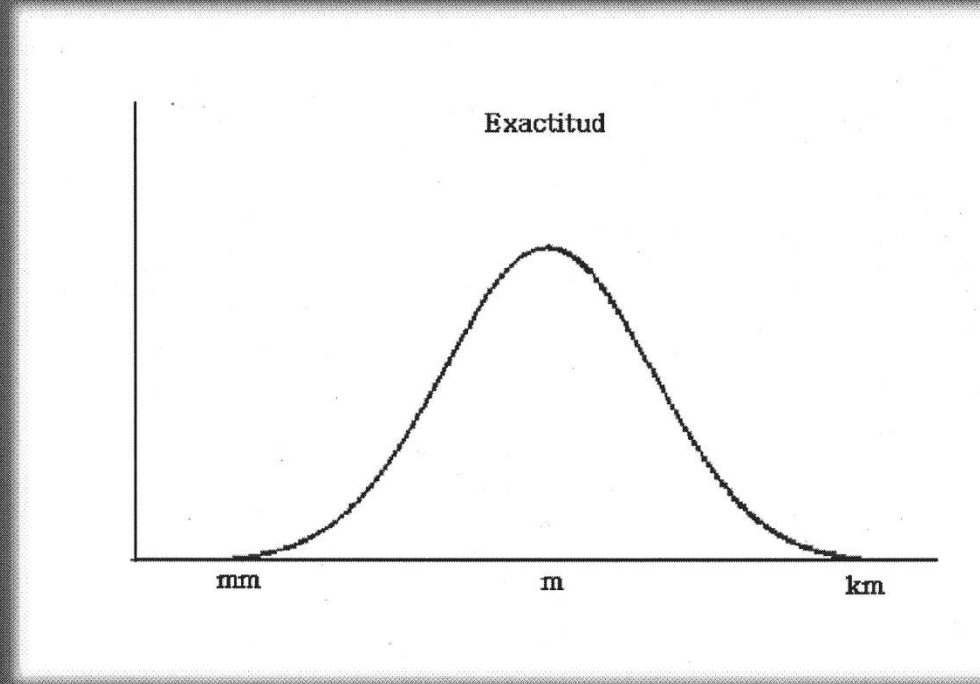
Matriz del GIS de Puerto Rico

	Communications Base Maps	Crime Statistics	Economic Demographics	Electrical Plant	Environmental Data	Financial Data	Hazardous Buildings	Hazardous Waste Sites	Hydrology	Import/Export Data	Land parcels	Natural Resources	Ownership/Occupancy Data	Private Permits	Public Utilities	Recreation Facilities	Roads (Commercial)	Social Services	Water Shed/Drainage	Zoning	
Planning Board
AEP (Public Building Authority)
ARPE
Civil Defense
Department of Agriculture
Economic Development Administration
Federal Department of Commerce
General Services Administration
Government Development Bank
Municipalities
National Guard
P.R. Aqueduct & Sewer Authority
P.R. Communications Authority
P.R. Department of Commerce
P.R. Department of Natural Resources
P.R. Department of Transportation & P.W.
P.R. Electrical Power Authority
P.R. Industrial Development Company
P.R. Department of Public Health
P.R. Telephone Company
Environmental Quality Board
Social Services
State Police Department
Tourism Board
Treasury Department
University of Puerto Rico



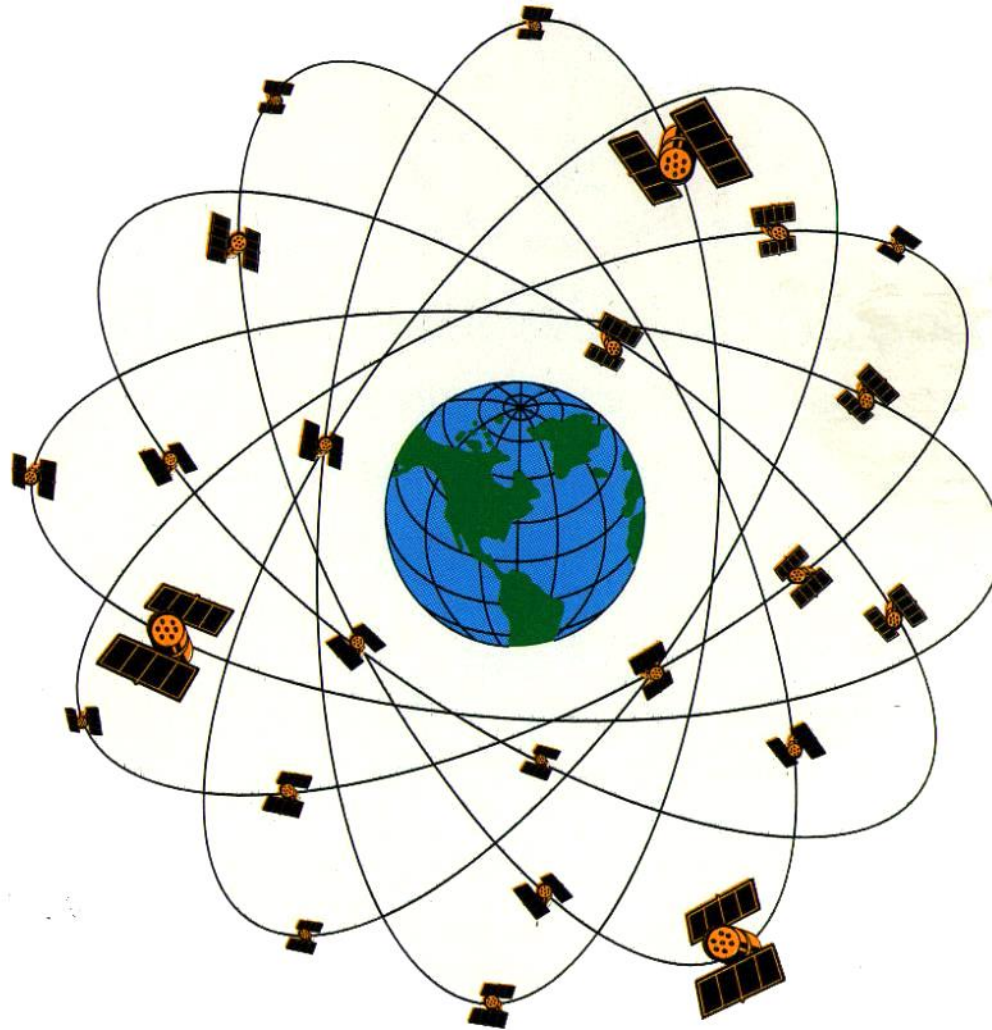
Personas contentas vs. Dimensiones

Numero de personas que les importa



Dimensiones

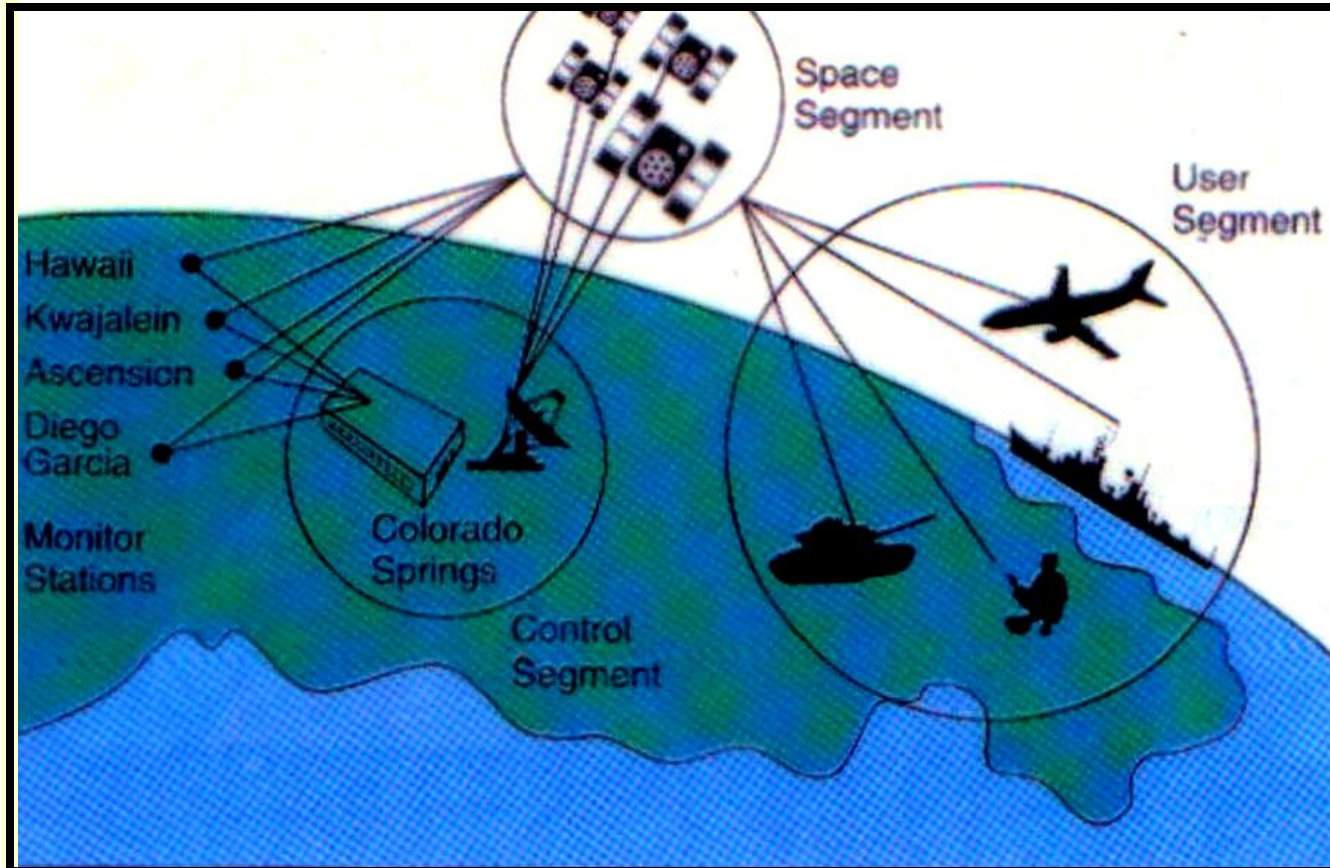
Los GPS (Sistemas de Posicionamiento Global)



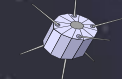
Eventos significativos en la evolución del GPS

- 31 de agosto -1 de septiembre de 1983 – El vuelo KE007 de NY a Seoul, luego de hacer escala en Alaska, fue derivado con 269 personas a bordo. El avión tenía un sistema de navegación inercial y no un GPS.
 - El avión se desvió 300 millas sobre terreno soviético y fue derivado por un Sukhoi – 15 soviético.
- Como consecuencia de ese evento el Presidente Ronald Reagan - Cedió al público el Sistema de Posicionamiento Global para la seguridad de la aviación.
- 15 de Agosto de 1985
 - DoD no cobraría por el uso GPS.
 - DoD planeaba en uso civil del GPS limitado.
- 1996
 - Vice -Presidente Al Gore anunció la eliminación del S.A.
- 1998
 - Se introduce la tecnología WAAS

Los 3 segmentos de GPS



Civil GPS Use



Satellite Ops --
Ephemeris, Timing

Power Grid
Interfaces

Personal Navigation



Trucking &
Shipping



Surveying &
Mapping



Communications --
Network
Synchronization
and Timing

Aviation



Recreation



Railroads



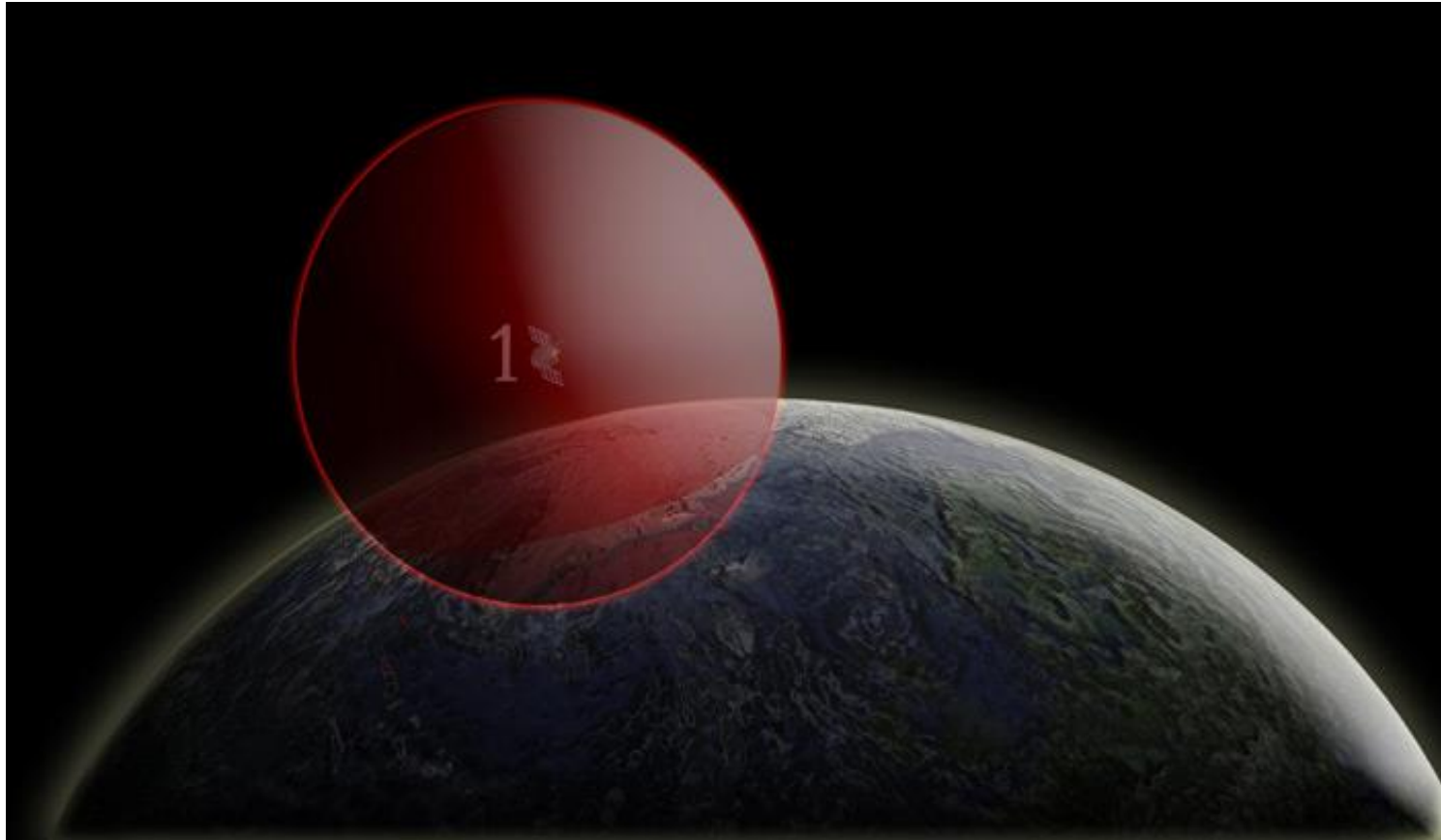
Fishing &
Boating



Off shore
Drilling



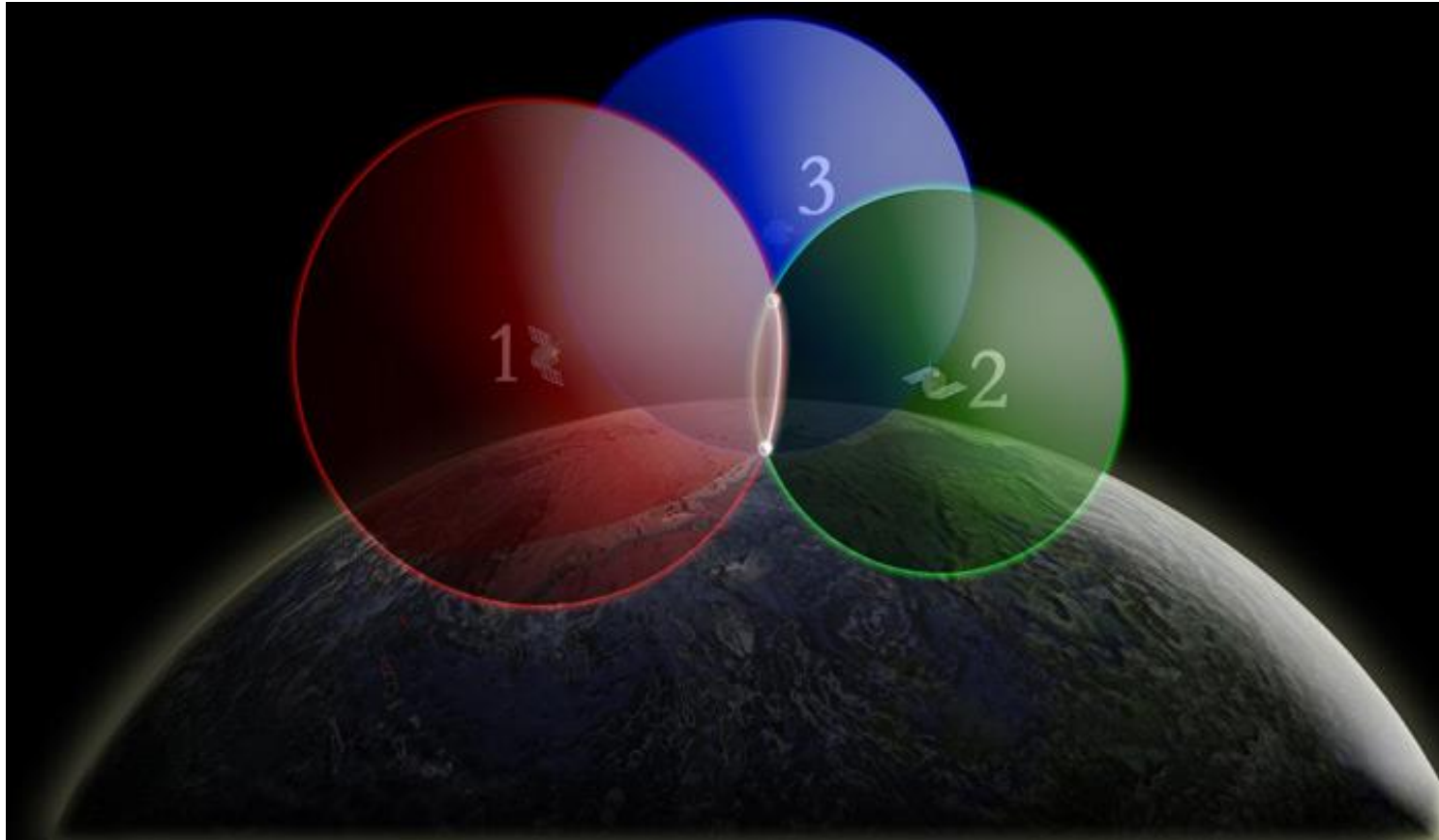
Un Satellite



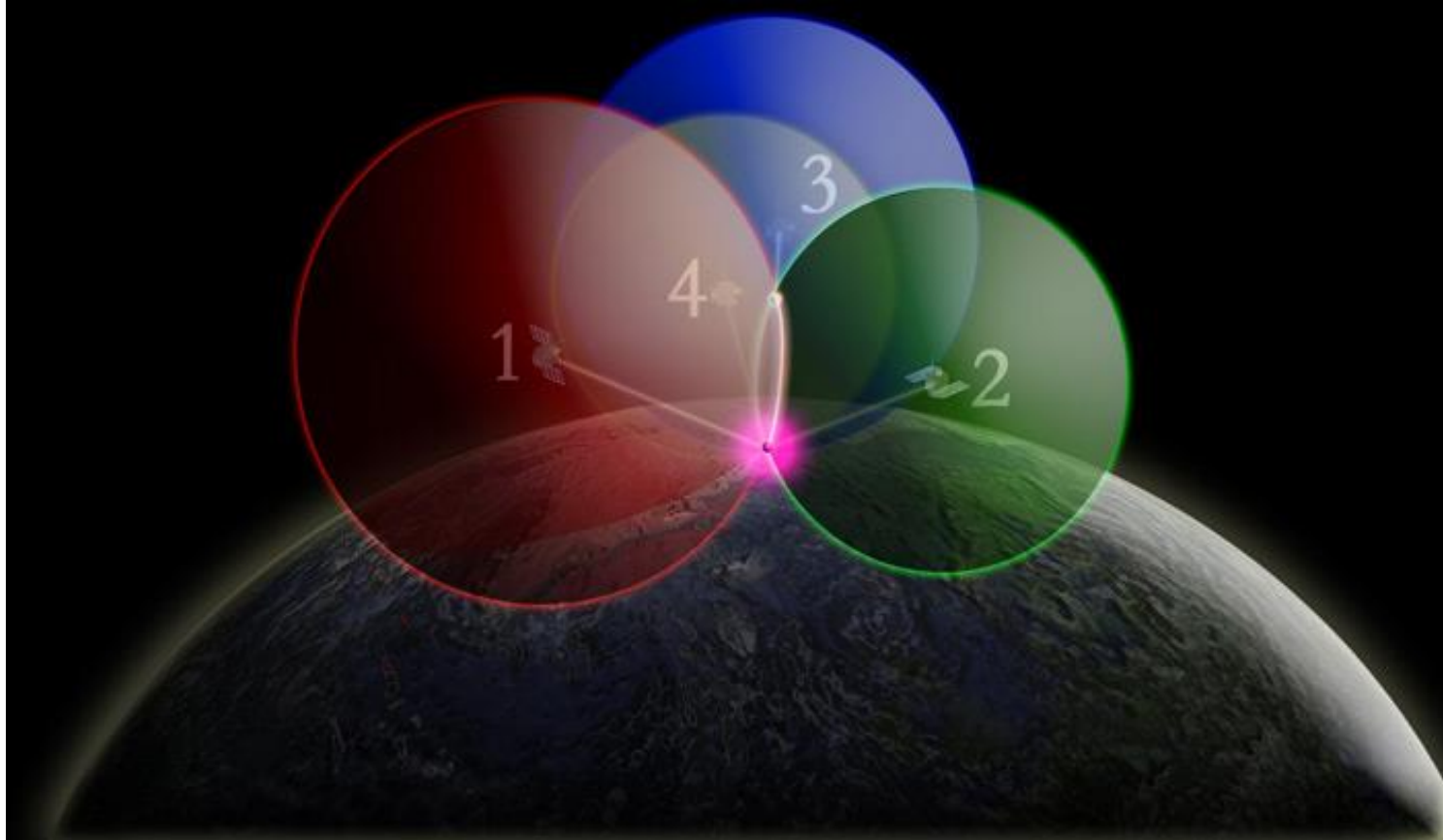
Dos Satelites



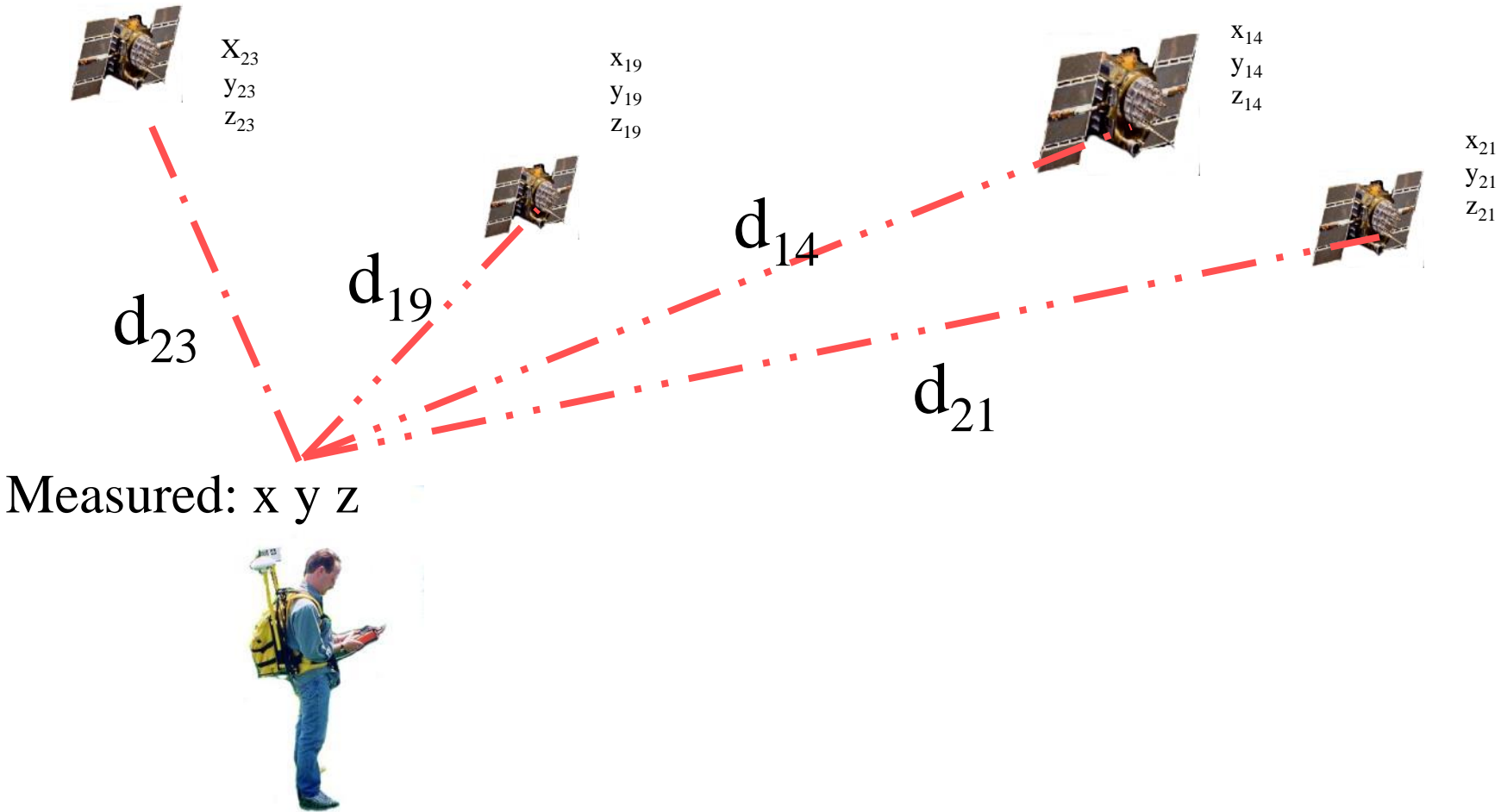
Tres Satelites



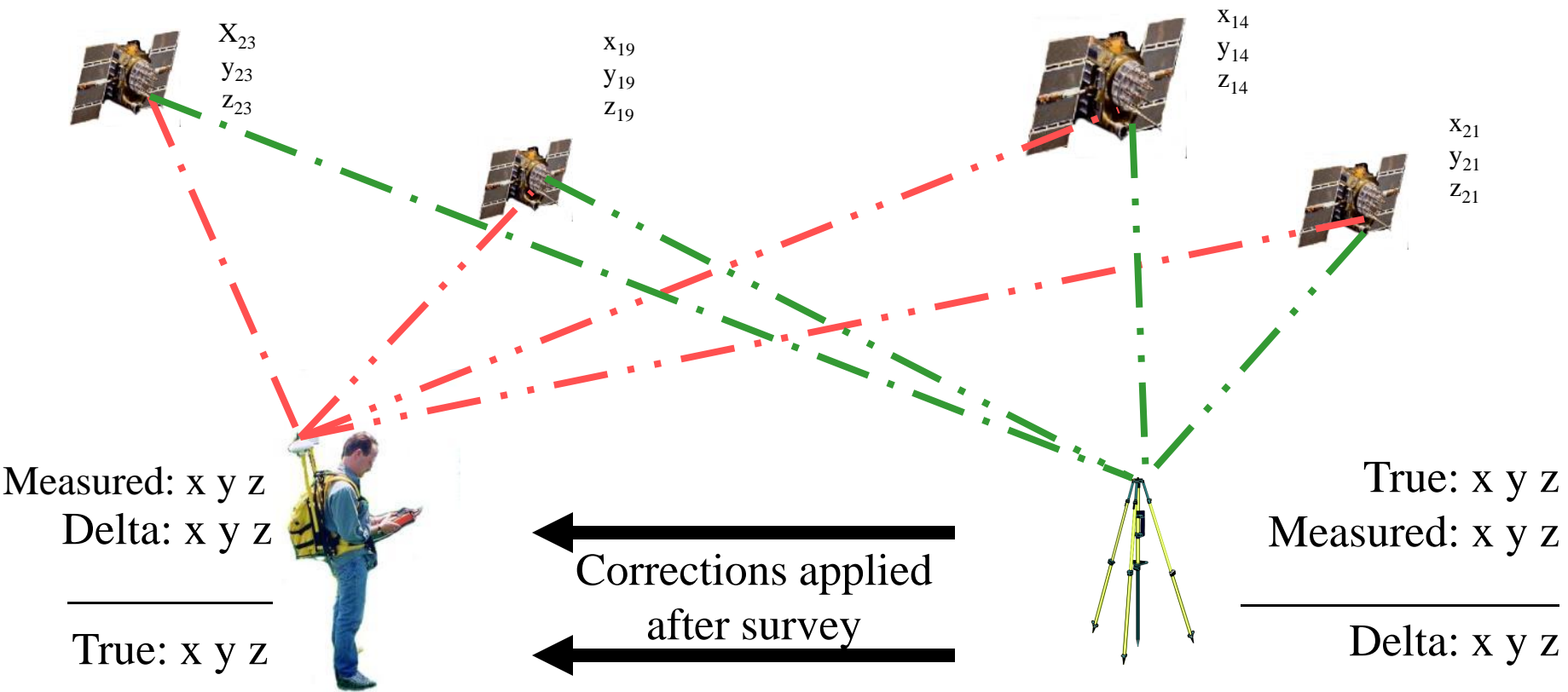
Cuatro Satelites



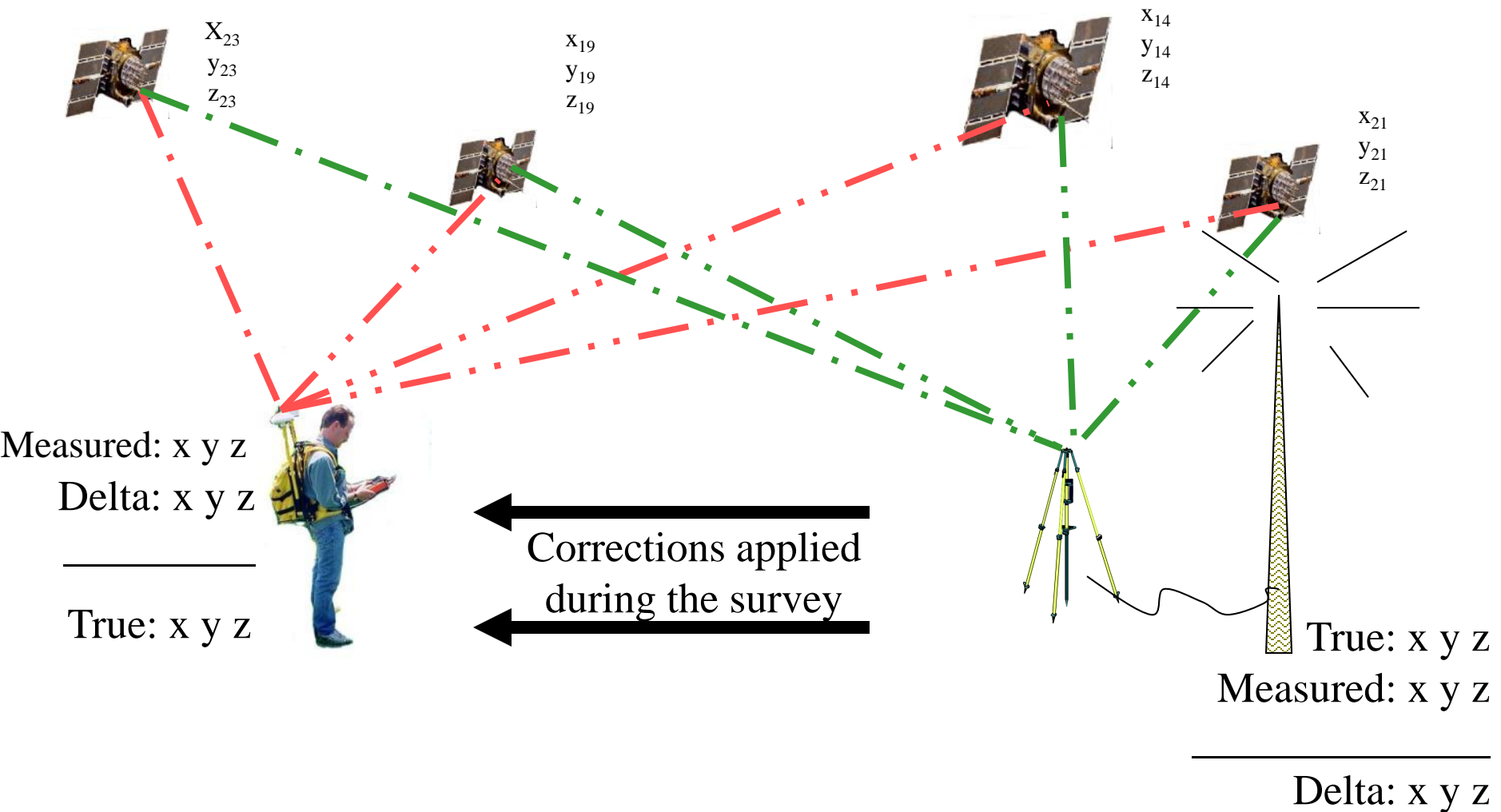
Non-Differential GPS



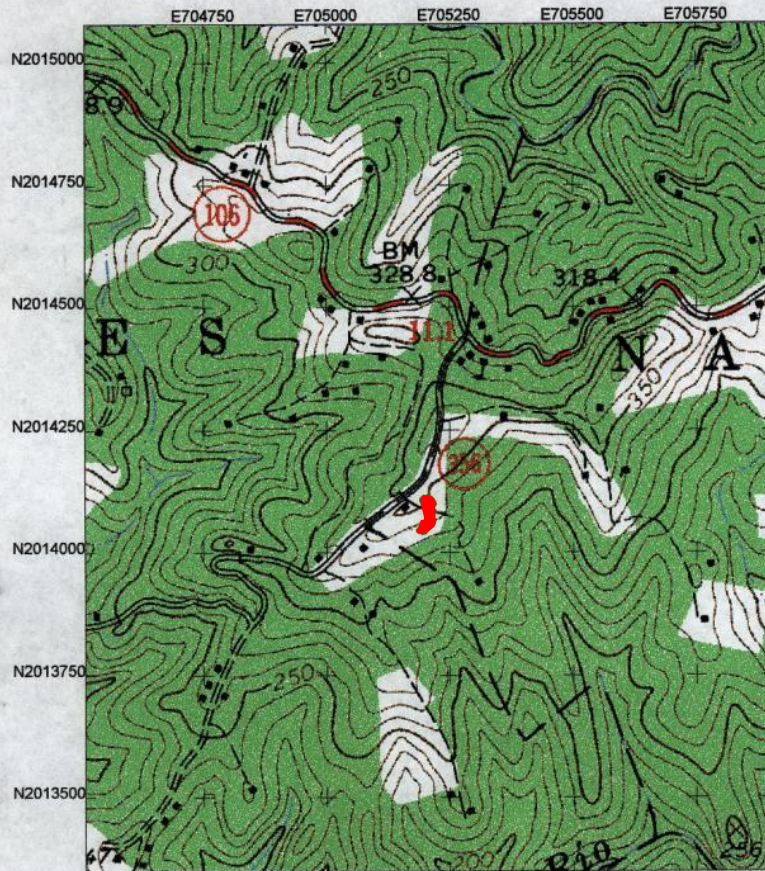
Differential GPS



Real-Time Differential GPS



Mezcla de Datums



Finca de Linda L. Vélez

UTM
19 North
WGS 1984



Scale 1:10000
0 0.300
Kilometers

Multiple Files
10/16/2000
Pathfinder Office
 Trimble

Mapa existente
en PR Datum
y Datos obtenidos con
GPS en WGS84

HARNs, CORS & OPUS

- National Spatial Reference System (NSRS)
- High Accuracy Reference Networks (HARNs)
- Continuously Operating Reference Stations (CORS)
- Online Positioning User Service (OPUS)
- Receiver-INdependent EXchange (RINEX)

Lugares en la RED a visitar

www.revistatp.com

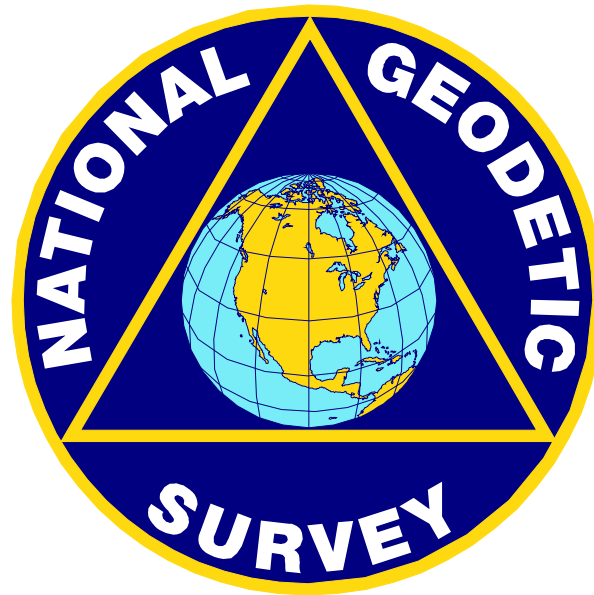
www.gitpr.org

www.ngs.noaa.gov

www.fig.net

“Dominios” al servicio de la comunidad
geo-espacial

GOOD COORDINATION BEGINS WITH GOOD COORDINATES



GEOGRAPHY WITHOUT GEODESY IS A FELONY