

**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.

2

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.

3

PROYECCIONES CARTOGRAFICAS VERSUS COORDENADAS

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

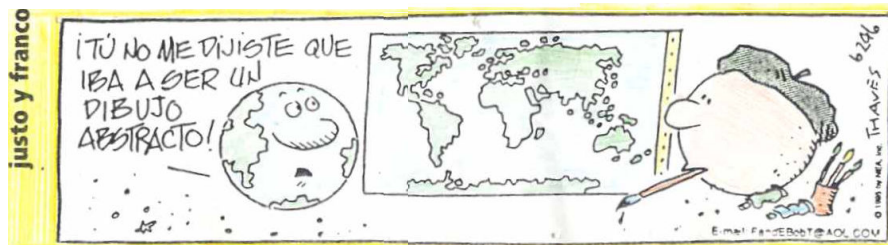
4

PROYECCIONES CARTOGRAFICAS VERSUS COORDENADAS

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 sobrepone en la superficie para proveer un marco de referencia por el cual las posiciones son medidas y calculadas.

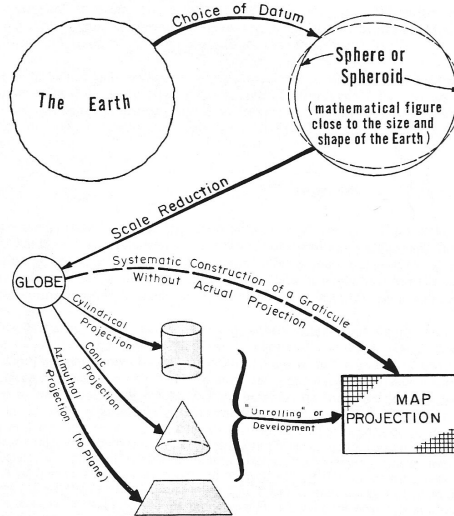
5

PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS



6

PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS



7

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

8

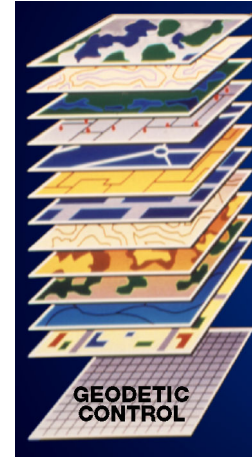
National Spatial Reference System

El Sistema Nacional de
Coordenadas

Consiste en:

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

Y como estos valores cambian
con el tiempo



9

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



10

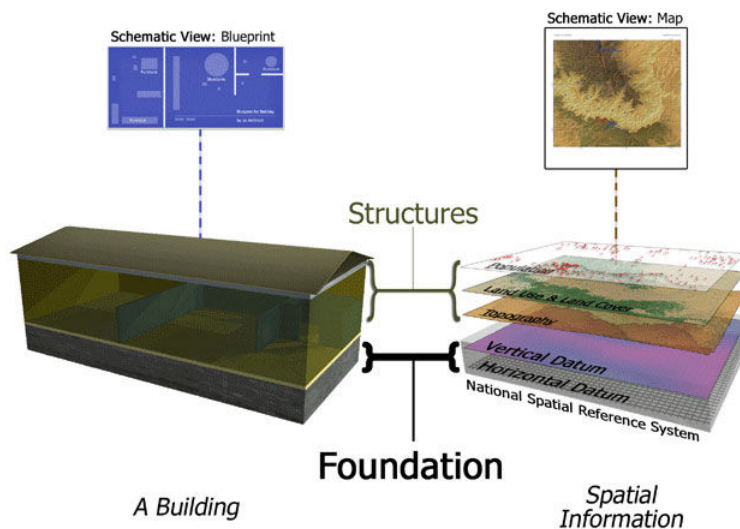
NSRS - Componentes

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying <http://www.ngs.noaa.gov/TOOLS/>. The page header features the title "NGS Geodetic Tool Kit" and the subtitle "on-line interactive computation of geodetic values". Below the header, there is a paragraph of text: "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". A link is provided: "(See all the Professional Surveyor Articles about the NGS Geodetic Toolkit)". A red instruction reads: "To learn more about a particular online program, click on its link for a description:". A list of links is organized into three columns:

DEFLEC99	LVL_DH	Surface Gravity Prediction
DYNAMIC_HT	Magnetic Declination	Tidal and Orthometric Elevations
G99SSS	NADCON	U.S. National Grid
GEOID09	NAVD 88 Modelled Gravity	Universal Transverse Mercator Coordinates
GEOID03	Online Adjustment User Services	VERTCON
USG3003	Online Adjustment Utilities User Services	XYZ Coordinate Conversion
HTDP	OPUS	
IGLD85	State Plane Coordinates	
Inverse/Forward/Invers3D/Forward3D		

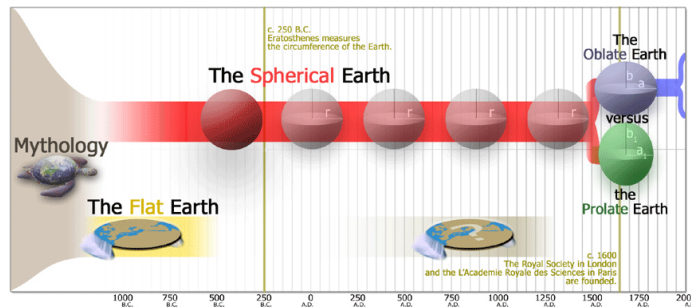
Below the links, a red instruction reads: "OR... Know what you want to do? Select a function from this list:". A dropdown menu is labeled "SELECT A TOOLKIT SHORTCUT".

Estructura vs. Datos Geo-Espaciales



Geodesia

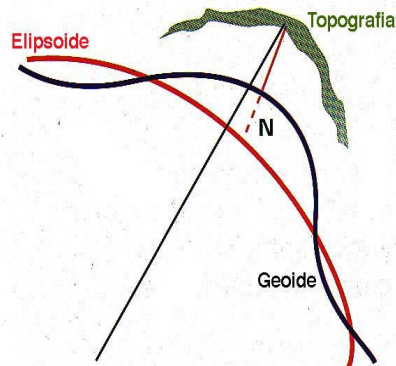
- Se define como la rama de la matemática aplicada que tiene que ver con el estudio de la forma y tamaño de la Tierra al igual que su campo gravitacional.
- Es una de las Geo-Ciencias o Ciencias Terrestres, junto con: Geografía, Geología, Geofísica y Geomorfología



13

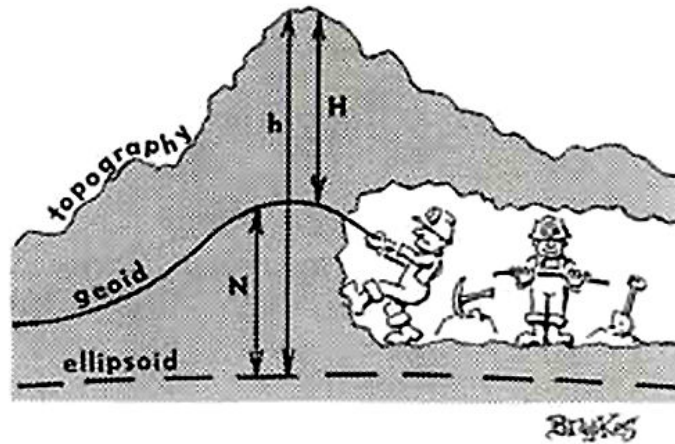
Tres Superficies: Una Realidad

- **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



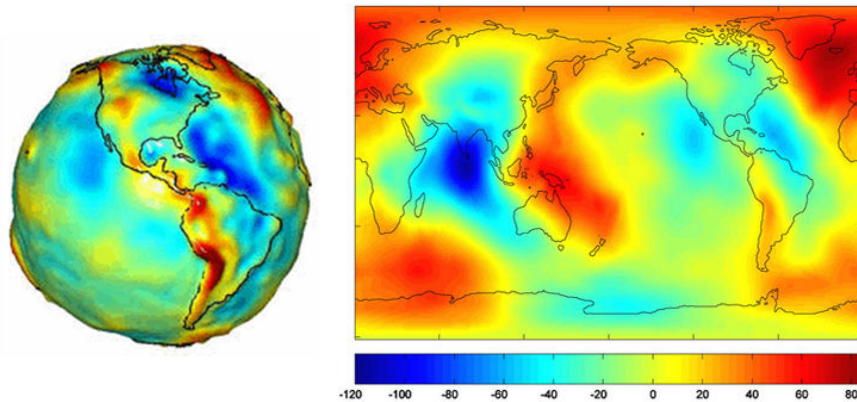
14

Buscando el geoide...



15

Gravity Recovery And Climate Experiment



16

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.

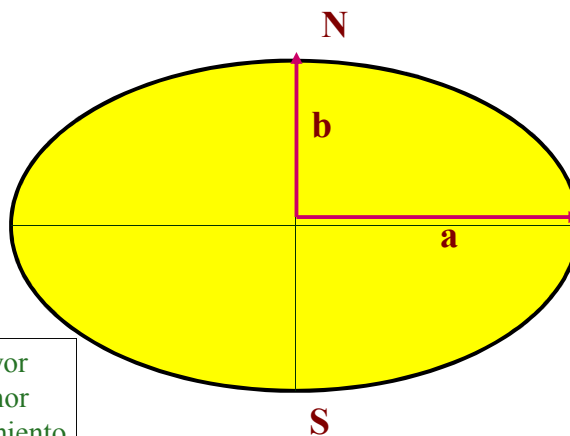
Dewhurst, 1990

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

17

EL ELIPSOIDE

MODELO MATEMATICO DE APROXIMACION DE LA TIERRA



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

18

ELIPSOIDES y sus parametros

CLARKE 1866

a = 6,378,206.4 m 1/f = 294.97869821

GEODETTIC REFERENCE SYSTEM 1980 - (GRS 80)

a = 6,378,137 m 1/f = 298.257222101

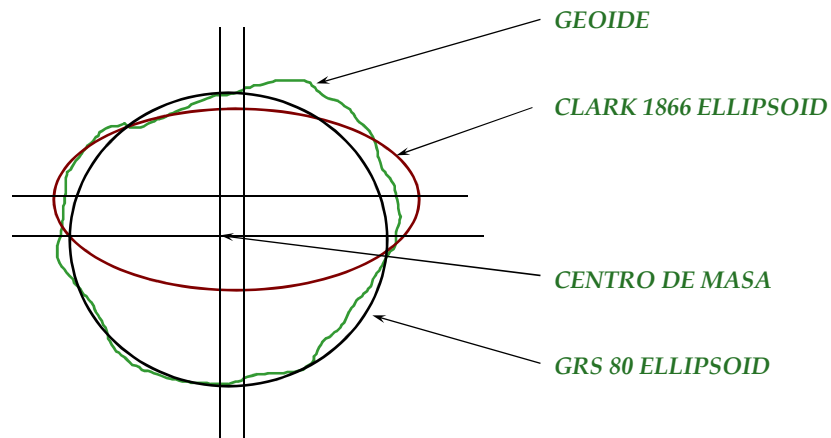
WORLD GEODETTIC SYSTEM 1984 - (WGS 84)

a = 6,378,137 m 1/f = 298.257223563

19

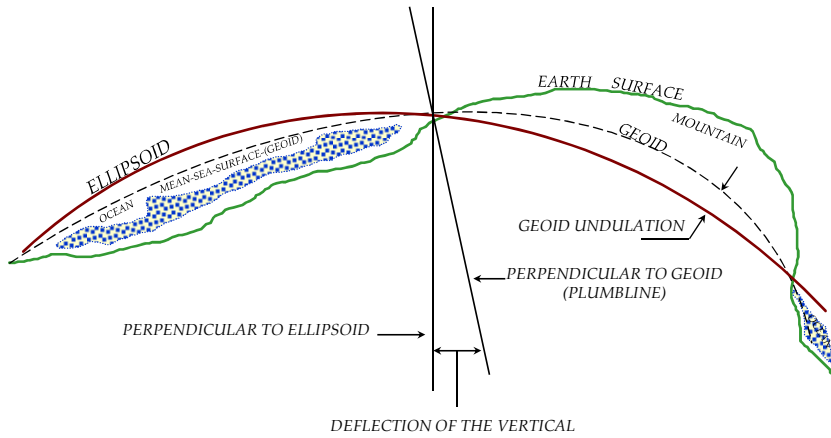
NORTH AMERICAN DATUM

EL GEOIDE Y DOS ELIPSOIDES



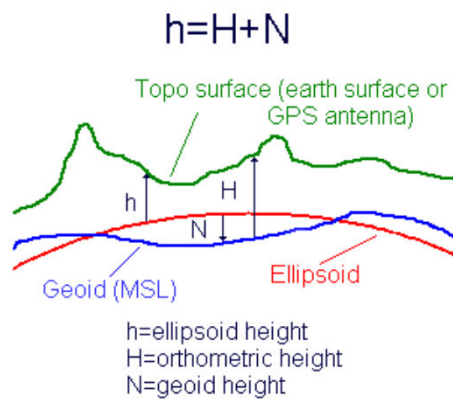
20

Relación Geoide-Elipsoide



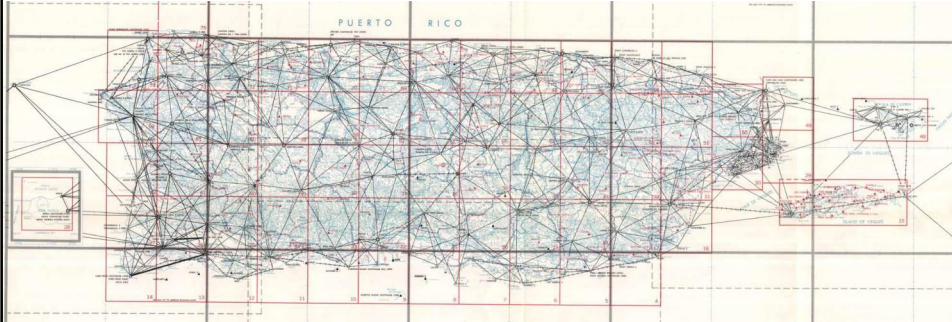
21

Elevaciones y 3 superficies de referencia



22

Red de Triangulación



23

Red del CRIM del 1995



24

Las Marias 2

Control Geodésico establecido en 1995 por el CRIM



25

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 realizaron dos firmas de agrimensores de Puerto Rico, siguiendo los “standards” del NGS pues fue una nivelación de primer orden.

26

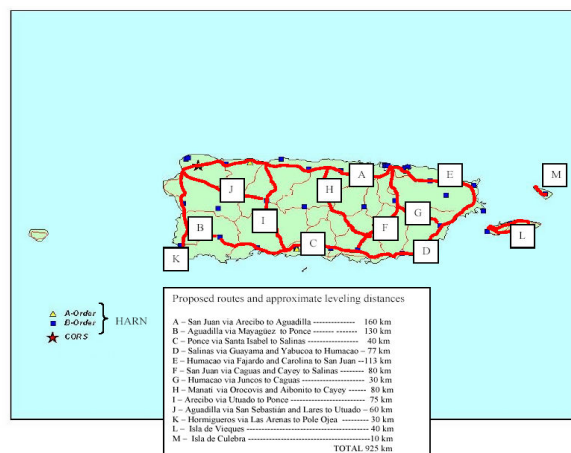
Mareógrafo de la Puntilla, Viejo San Juan



27

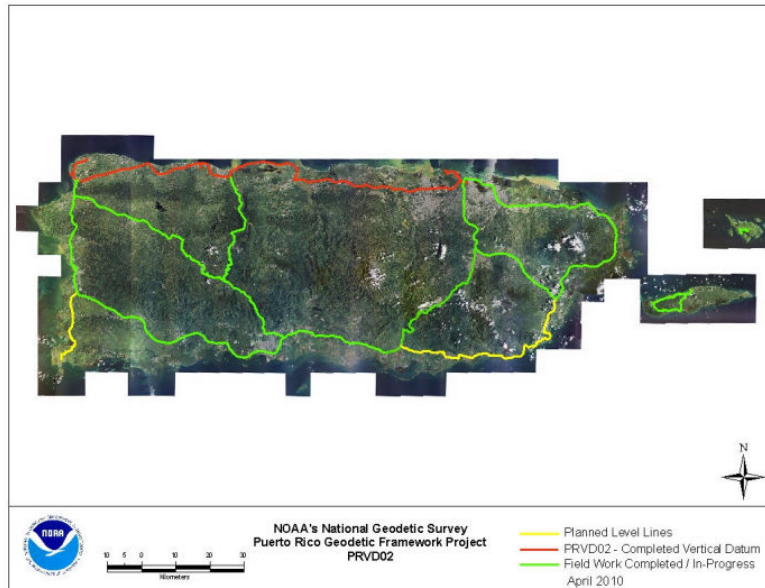
PRVD02: Sus rutas propuestas

925 kilómetros incluyendo Vieques y Culebra



28

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).



30

Gravímetro Absoluto FG-5



31

PRVD02 –Importancia

- El gobierno del Estado Libre Asociado de Puerto Rico aportó \$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 está 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.

32

Controles Verticales del USGS

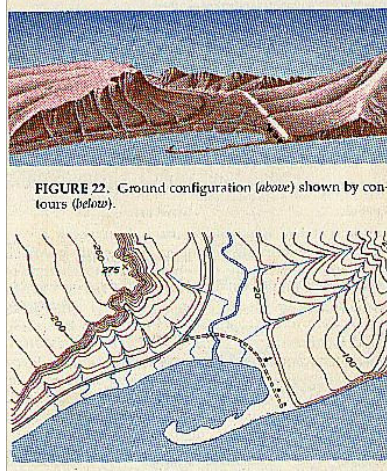
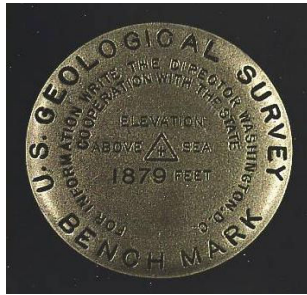


FIGURE 22. Ground configuration (above) shown by contours (below).

33

Vélez 2002



34

Vélez 2002 PID - DE5545

- HORZ ORDER - B
- NAD 83(2002)-
 - $\phi=18^{\circ} 26' 41.28060''$ 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-
 - $\phi=18^{\circ} 26' 41.28162''$ 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

35

Vélez 2002 PID - DE5545

```

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
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
    
```

$$H \Rightarrow h - N$$

$$134.32 = 90.419 - (-43.90)$$

$$134.32 \neq 134.319$$

36

Sistema de Coordenadas Planas Estatales

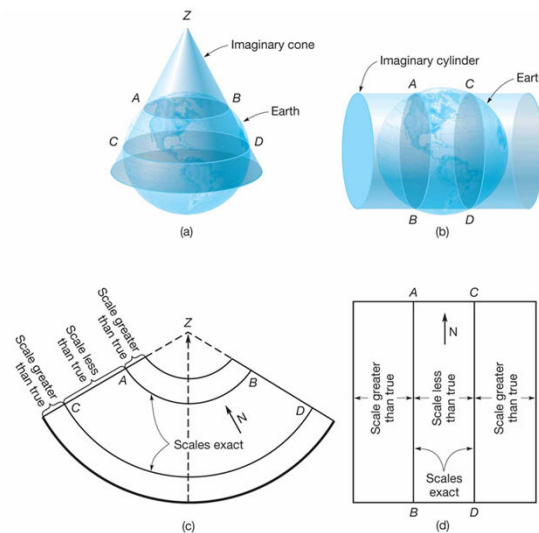
- El gobierno federal desarrollo el sistema de coordenadas planas estatales para cada estado y sus territorios.
- En el caso en particular de Puerto Rico e Islas Virgenes se usa la proyección conforme cónica Lambert con dos paralelos standard, teniendo los siguientes parametros para el NAD 83:

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

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

37

Cono y Cilindro en SPCS



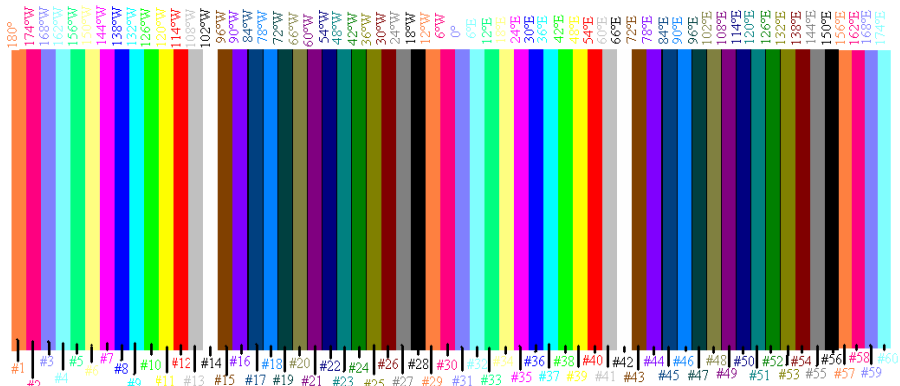
38

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.

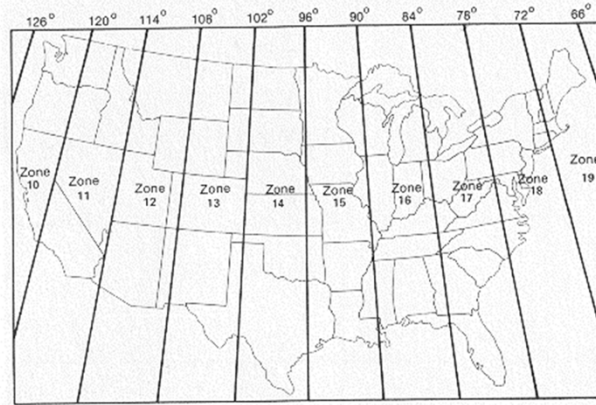
41

60 Zonas de Sistema UTM



42

Zonas del sistema UTM en EUA



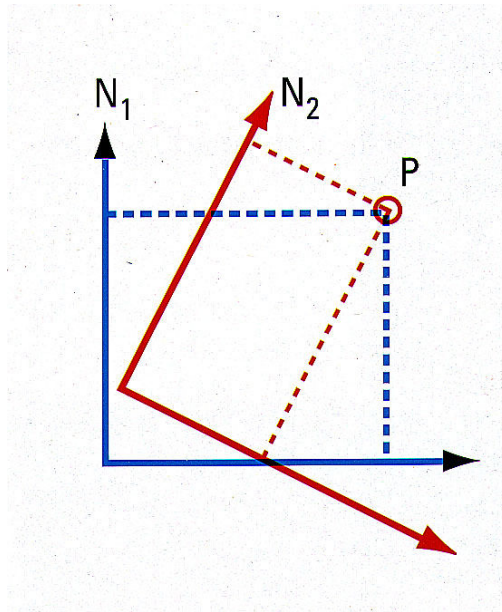
43

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

44

Transformación de Coordenadas

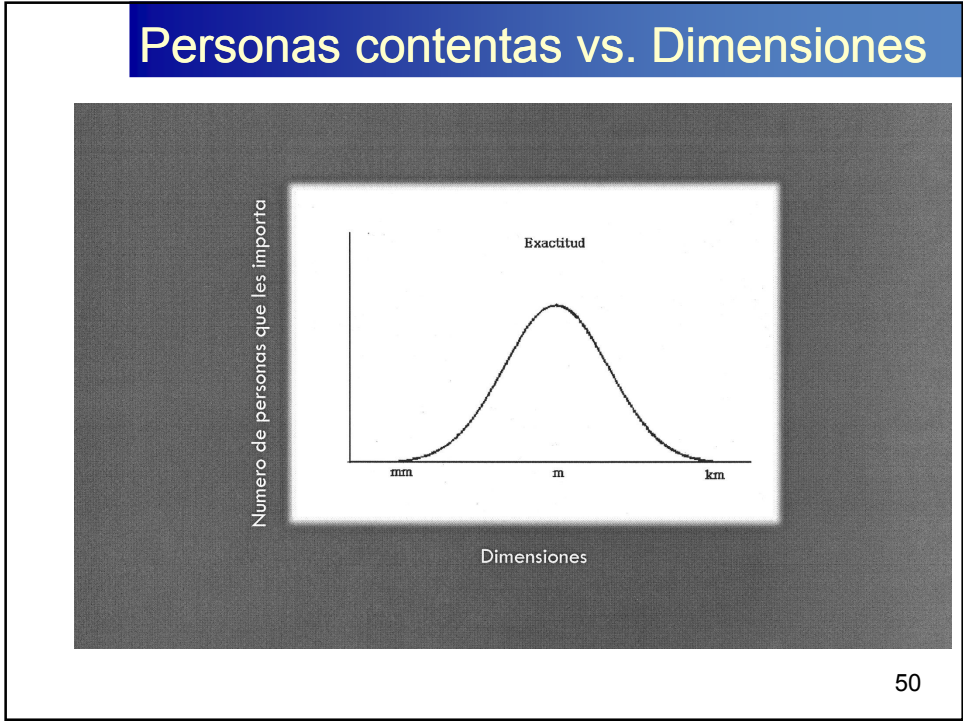
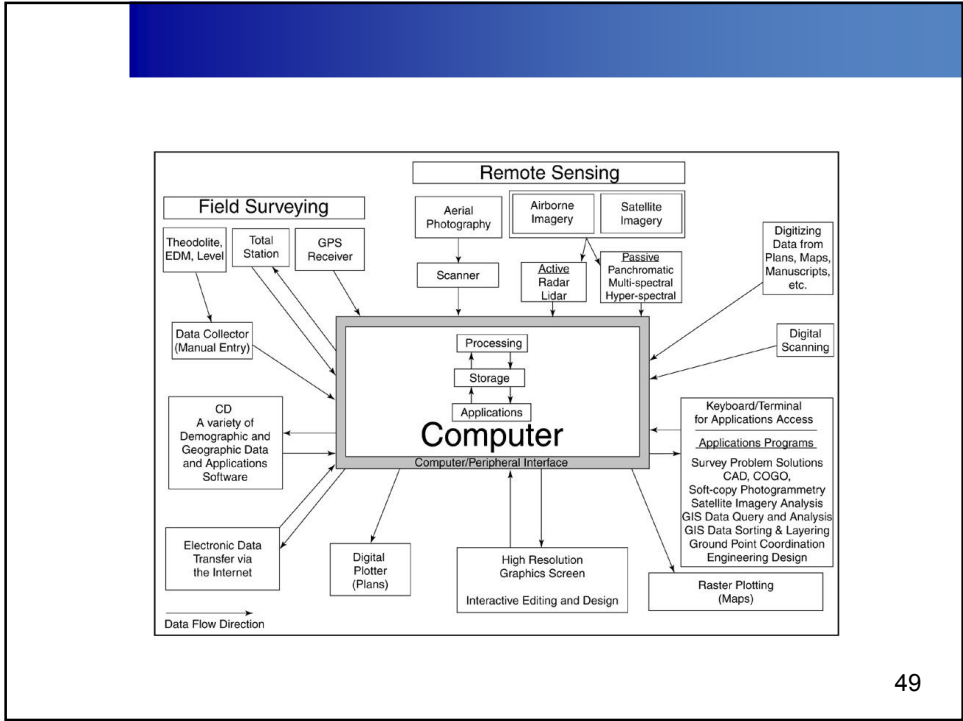


45

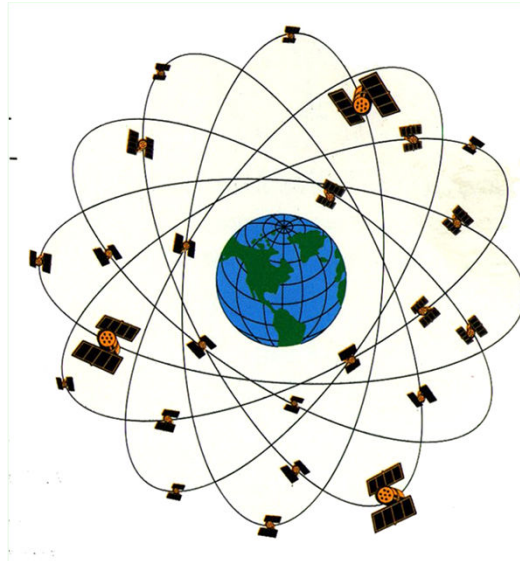
Sistema de Informacion Geografica

- 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”.

46



Los GPS (Sistemas de Posicionamiento Global)



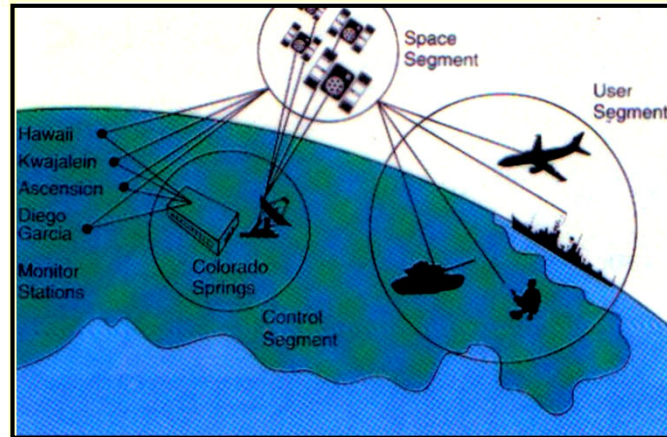
51

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

52

Los 3 segmentos de GPS



53

Civil GPS Use

Power Grid Interfaces

Personal Navigation

Satellite Ops --
Ephemeris, Timing

Trucking &
Shipping

Surveying &
Mapping

Aviation

Recreation

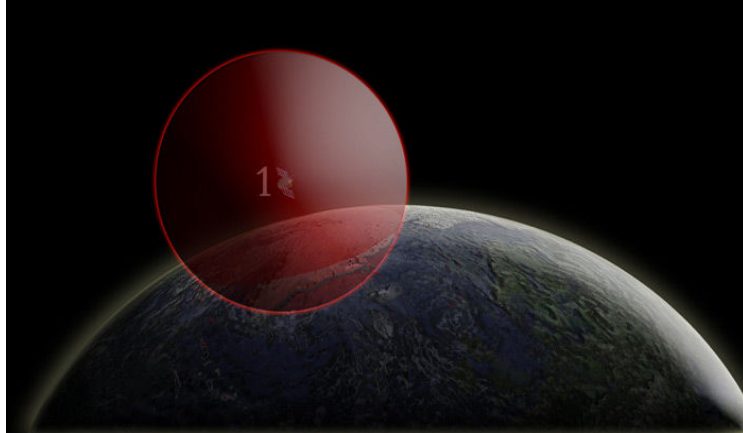
Communications --
Network
Synchronization
and Timing

Railroads

Fishing &
Boating

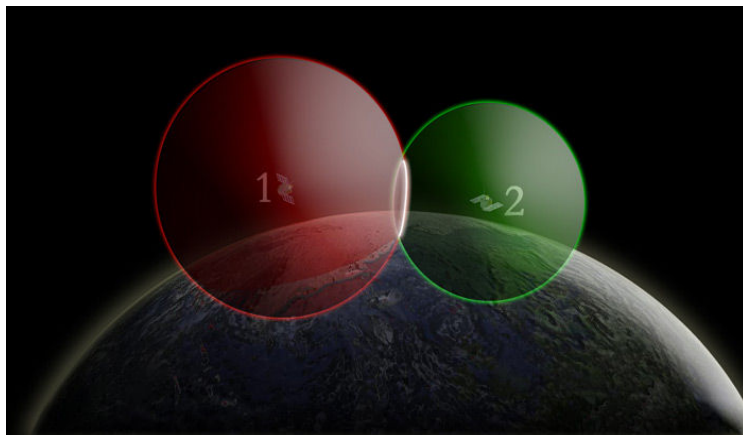
Off shore
Drilling

Un Satelite



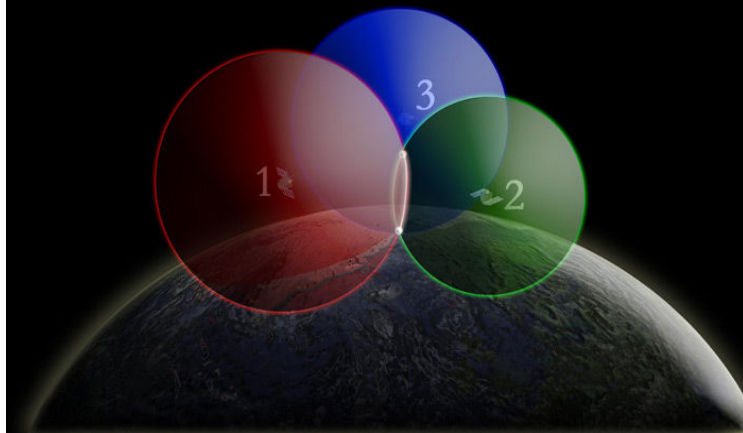
55

Dos Satelites



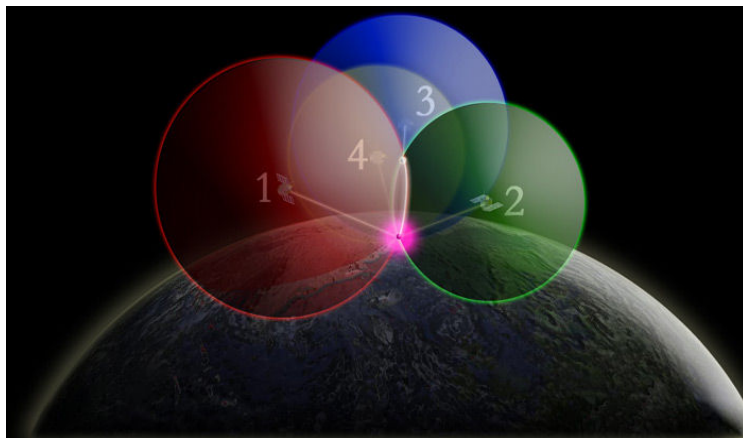
56

Tres Satelites



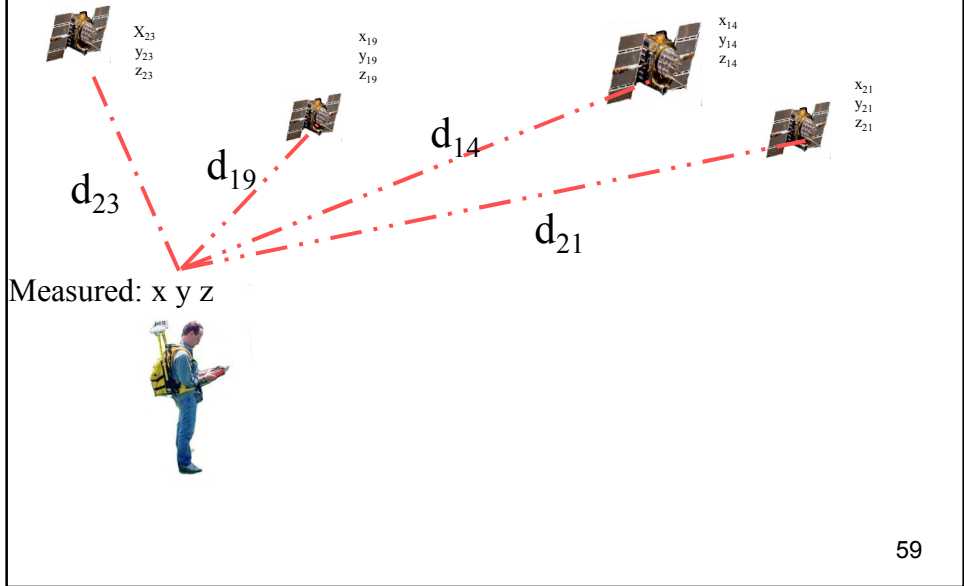
57

Cuatro Satelites

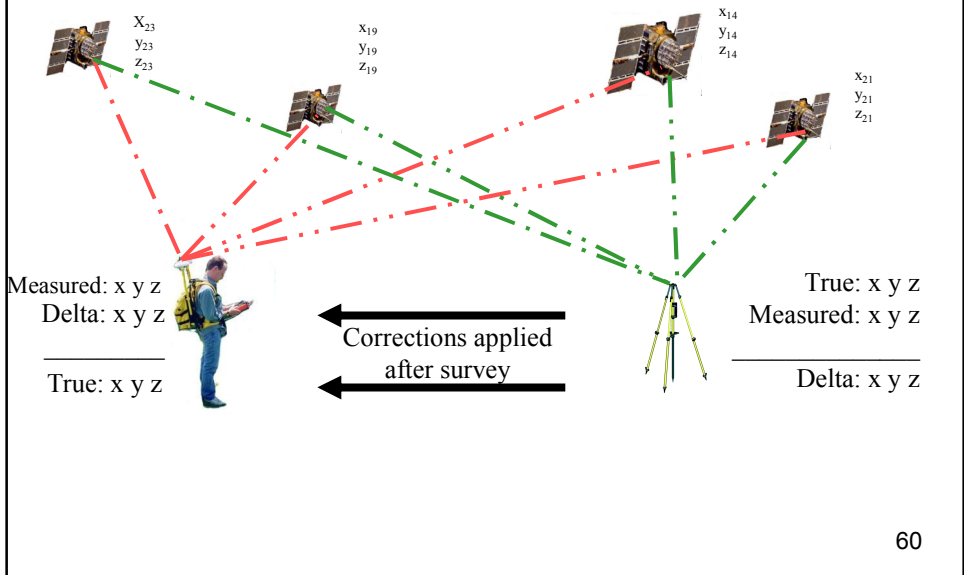


58

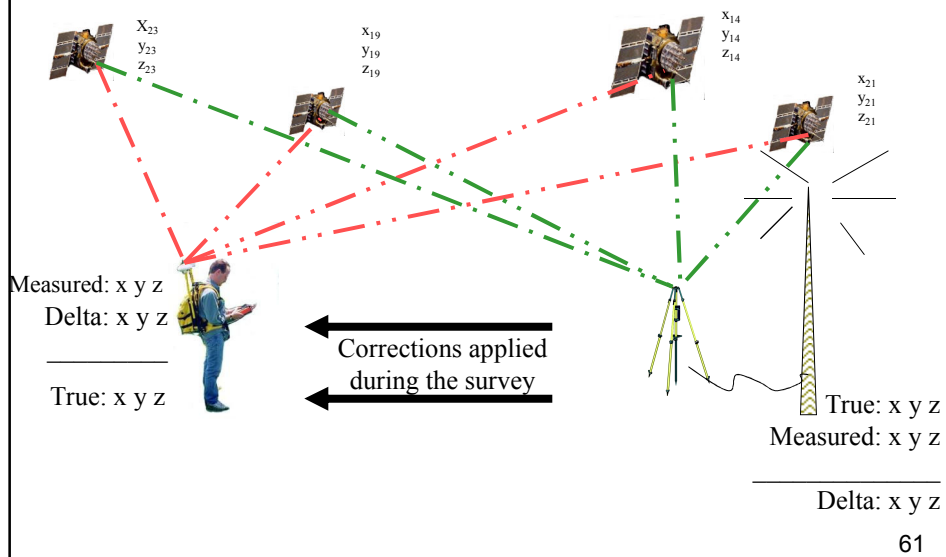
Non-Differential GPS



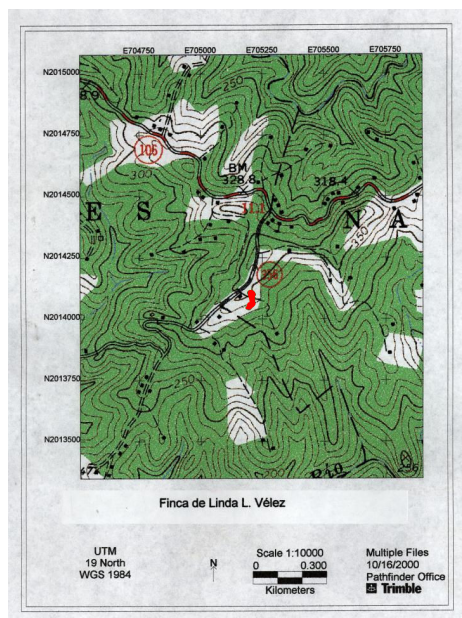
Differential GPS



Real-Time Differential GPS



Mezcla de Datums



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

62

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)

63

Lugares en la RED a visitar

www.revistatp.com

www.gitpr.org

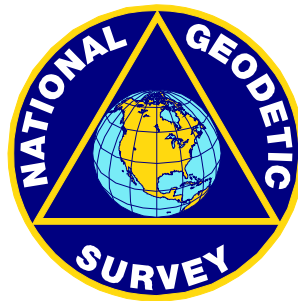
www.ngs.noaa.gov

www.fig.net

“Dominios” al servicio de la comunidad
geo-espacial

64

**GOOD COORDINATION BEGINS WITH
GOOD COORDINATES**



GEOGRAPHY WITHOUT GEODESY IS A FELONY

65