



UNIDAD I

GEORREFERENCIACIÓN

Agrim. Sergio Cimbaro
Instituto Geográfico Nacional



Unidad 1: GEORREFERENCIACIÓN

Sistemas y Marcos de Referencia Geodésicos

Agrimensor Sergio Cimbaro



Sistema de Referencia

- Es un soporte matemático para asignar coordenadas a puntos medidos sobre la superficie terrestre. Parte de definiciones teóricas y convencionales basadas en mediciones.
- Es necesario definirlos para establecer la posición de puntos que respondan a un Sistema de Coordenadas con un **origen**, una **orientación** y una **escala** que sea accesible para todos los usuarios.
 - Sistema Local
 - Un punto **Datum** y un elipsoide de revolución.
 - Sistema Global
 - Terna de ejes cartesianos ortogonales, cuyo origen coincide prácticamente con el centro de masas terrestre.



Sistema de Referencia Local

- Se define un punto **Datum** donde coinciden la normal al elipsoide y al geoide (**Origen**), definición de Latitud y Longitud.
- Esta definición es local ya que cambia con la posición geográfica del punto Datum.
- Sistema planimétrico, sin alturas asociadas.



Sistema de Referencia Local

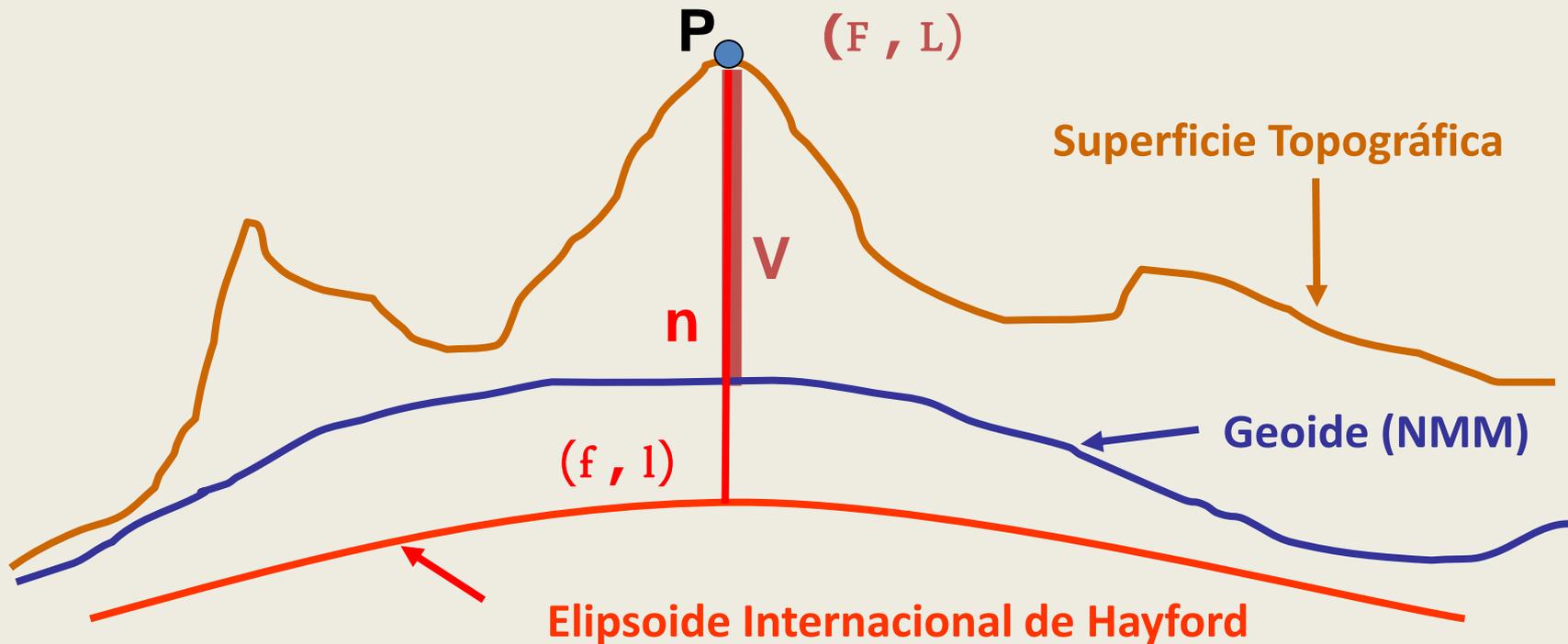
V = Vertical del lugar (normal al geoide)

(\blacksquare , \blacksquare) = Coordenadas astronómicas (Latitud y Longitud)

n = Normal a la superficie del elipsoide

(\bullet , \star) = Coordenadas geodésicas (Latitud y Longitud)

P = Punto DATUM (V coincide con n) \Rightarrow (\blacksquare , \blacksquare) coinciden con (\bullet , \star)





Marcos de Referencia

- **Materialización** de un Sistema de Referencia mediante mediciones.
- Está constituido por las **coordenadas** de una red de puntos que lo definen.
- Las coordenadas de los mismos son consistentes entre sí para una **época** en particular.



Pto. Datum Campo Inchauspe



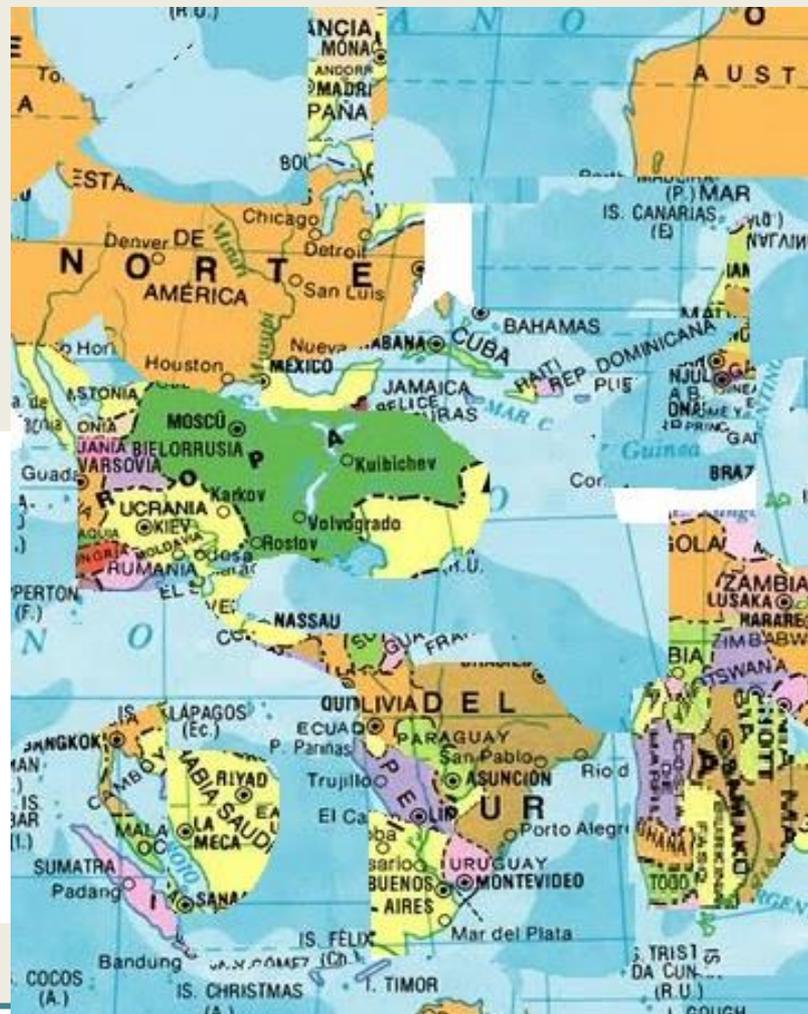
Marcos de Referencia

- El Marco de Referencia Geodésico es el soporte para la confección de cartografía.
- **Sin Marco de Referencia Geodésico no hay cartografía posible.**
- Un Marco de Referencia Geodésico Nacional debe ser **ÚNICO**.



Marcos de Referencia

¿Qué ocurriría si no se utilizara un Marco de Referencia Único?





Marcos de Referencia Locales

Marcos históricos de Argentina.

- Yavi
- Aguaray
- Carranza
- 25 de Mayo
- Castelli
- **Campo Inchauspe**
- Chos Malal
- Pampa del Castillo
- Tapi Aike

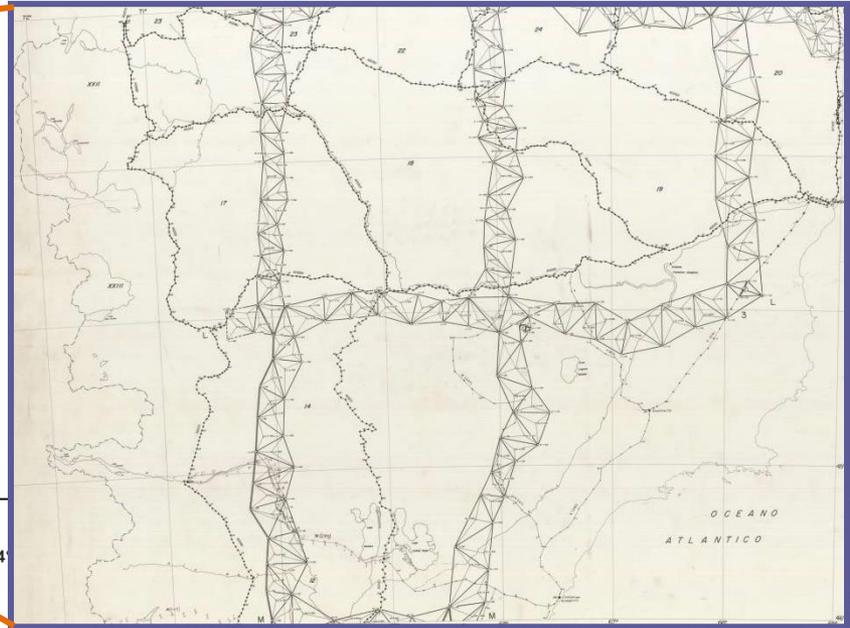
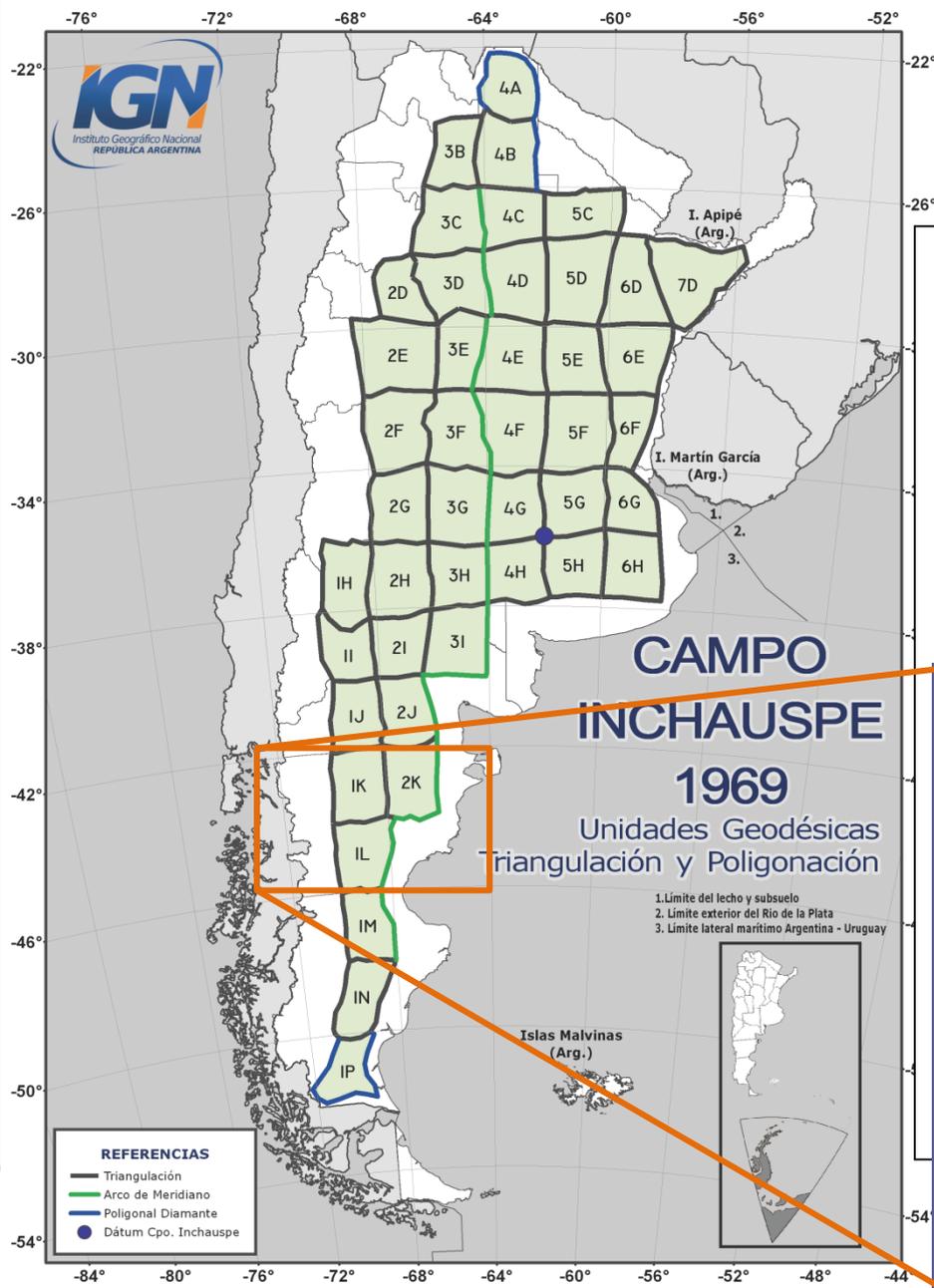
- Fueron materializados en función de las necesidades de generación de cartografía en las distintas regiones del país.





Marco de Referencia Local Campo Inchauspe

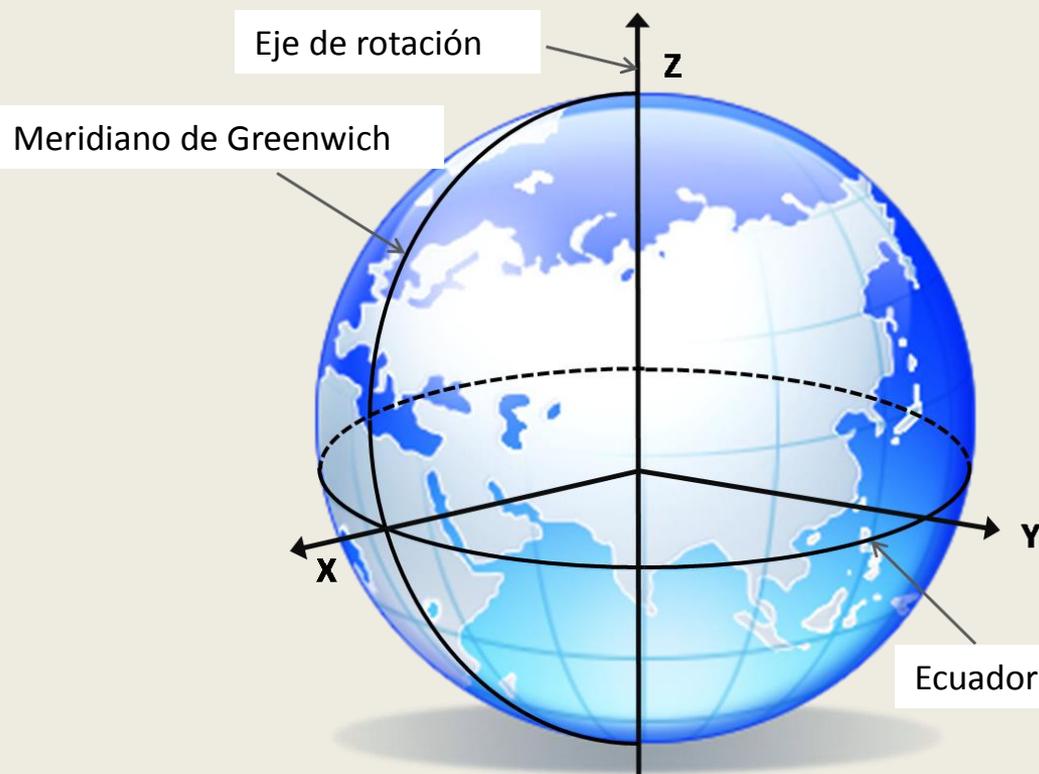
- Origen en el Punto astronómico denominado Campo Inchauspe
- Se oficializó en 1954
- Elipsoide Internacional de Hayford
- Red de Triangulación y Poligonación
- Aprox. 18.000 puntos





Sistema de Referencia Global

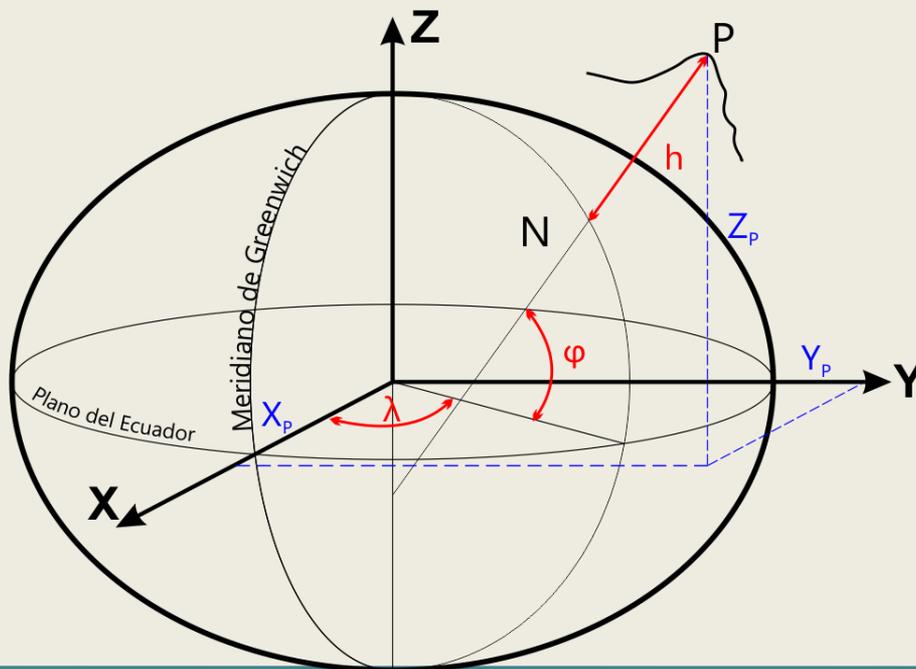
- Origen coincidente con el geocentro (centro de masa de la Tierra).
- Eje Z, paralelo a la dirección del polo para una época determinada.
- Eje X, coincidente con el plano meridiano de Greenwich para una época determinada.
- Eje Y, situado en el plano ecuatorial y perpendicular al plano XZ.
- Coordenadas cartesianas tridimensionales **XYZ**





Sistema de Referencia Global

- Para mejor interpretación de la ubicación se aplica transformación $(X,Y,Z) \rightarrow (\phi,\lambda,h)$



Parámetros de elipsoides

Elipsoide Hayford:

Semieje mayor (a) = 6.378.388 m

Achatamiento (f) = 1 / 297

Elipsoide WGS 84 :

Semieje mayor (a) = 6.378.137 m

Achatamiento (f) = 1 / 298,257223563

Elipsoide GRS 80 :

Semieje mayor (a) = 6.378.137 m

Achatamiento (f) = 1 / 298,257222101



Relación entre Sistemas de Coordenadas

X: 2751804.044 m

Y: -4479879.309 m

Z: -3598922.511 m

Latitud: $-34^{\circ} 34' 20.07733''$

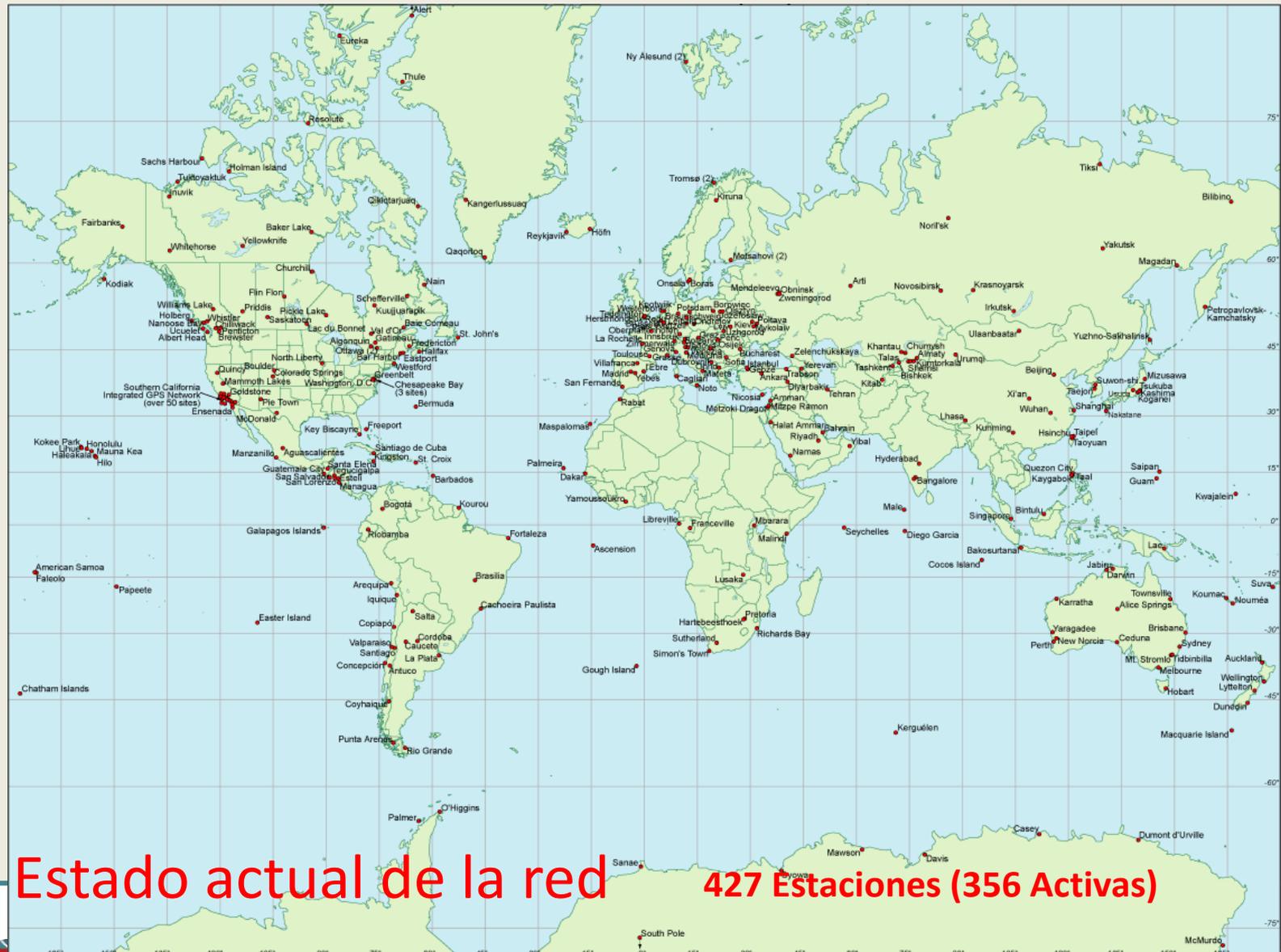
Longitud: $-58^{\circ} 26' 21.54958''$

Altura Elipsoidal: 50.694 m





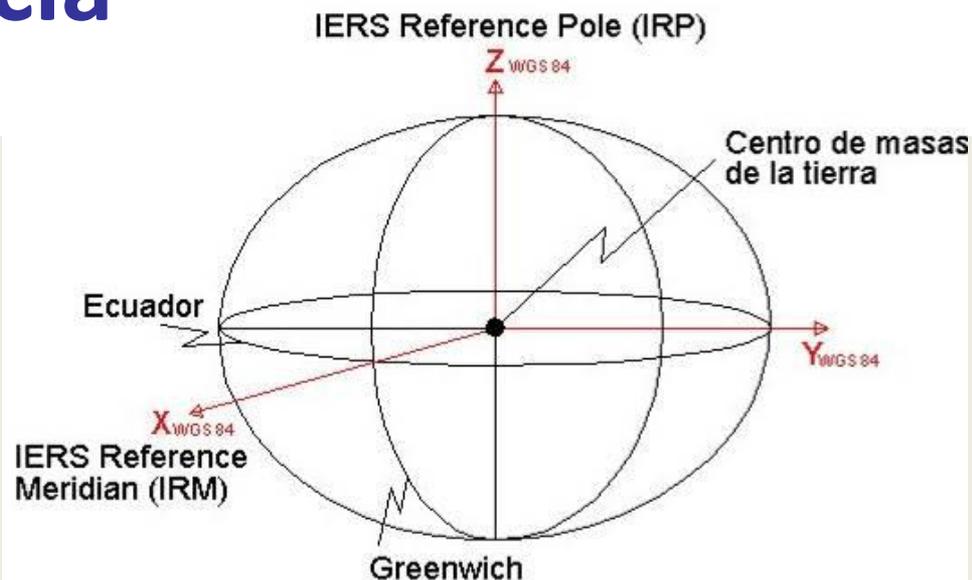
Marco de Referencia Global - ITRF



Estado actual de la red 427 Estaciones (356 Activas)

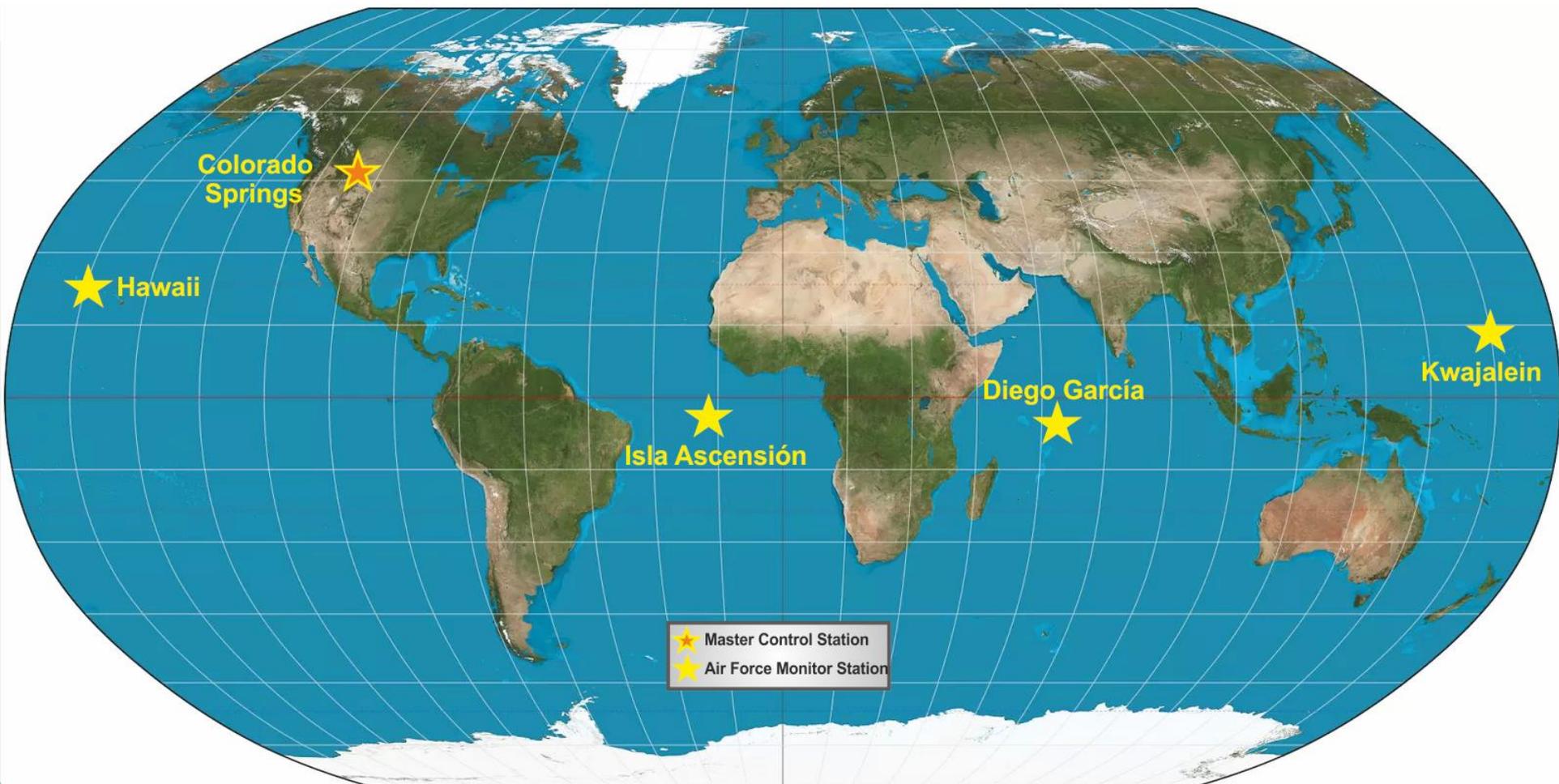
Marco de Referencia Global WGS84

- Origen: centro de masas de la tierra
- Eje Z: Corresponde a la dirección del Polo Convencional Terrestre (CTP en su sigla en inglés) (época 1984.0) definida por el BIPM.

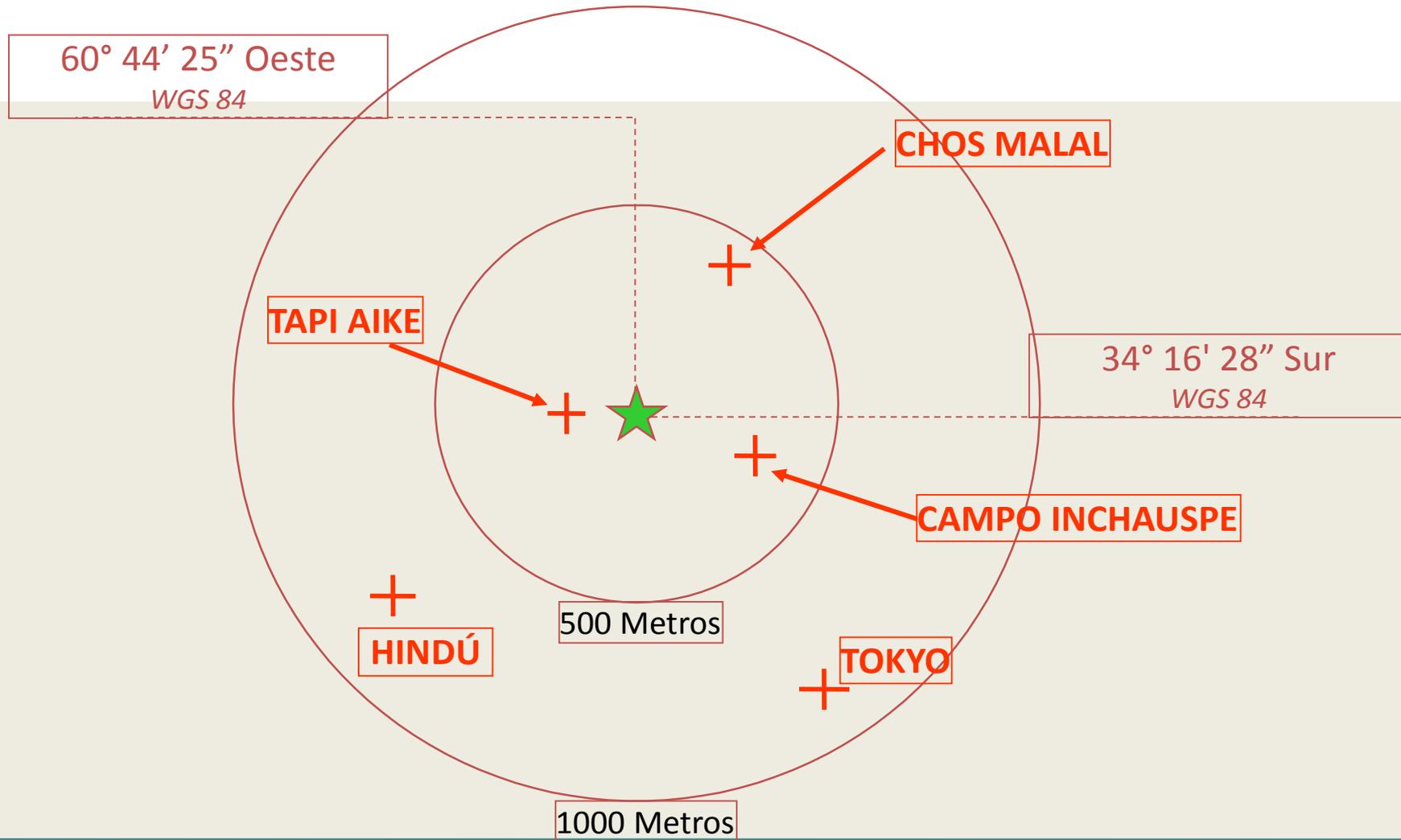


- Eje X: Intersección del Meridiano de Referencia Internacional (IRM en su sigla en inglés) y el plano que pasa por el origen, normal al eje Z. El IRM es cercano al Meridiano Cero definido por el BIPM (época 1984.0).
- Eje Y: Completa el sistema de coordenadas ortogonal, Earth-Centered Earth-Fixed (ECEF).
- Establecido por el Departamento de Defensa de los EEUU.

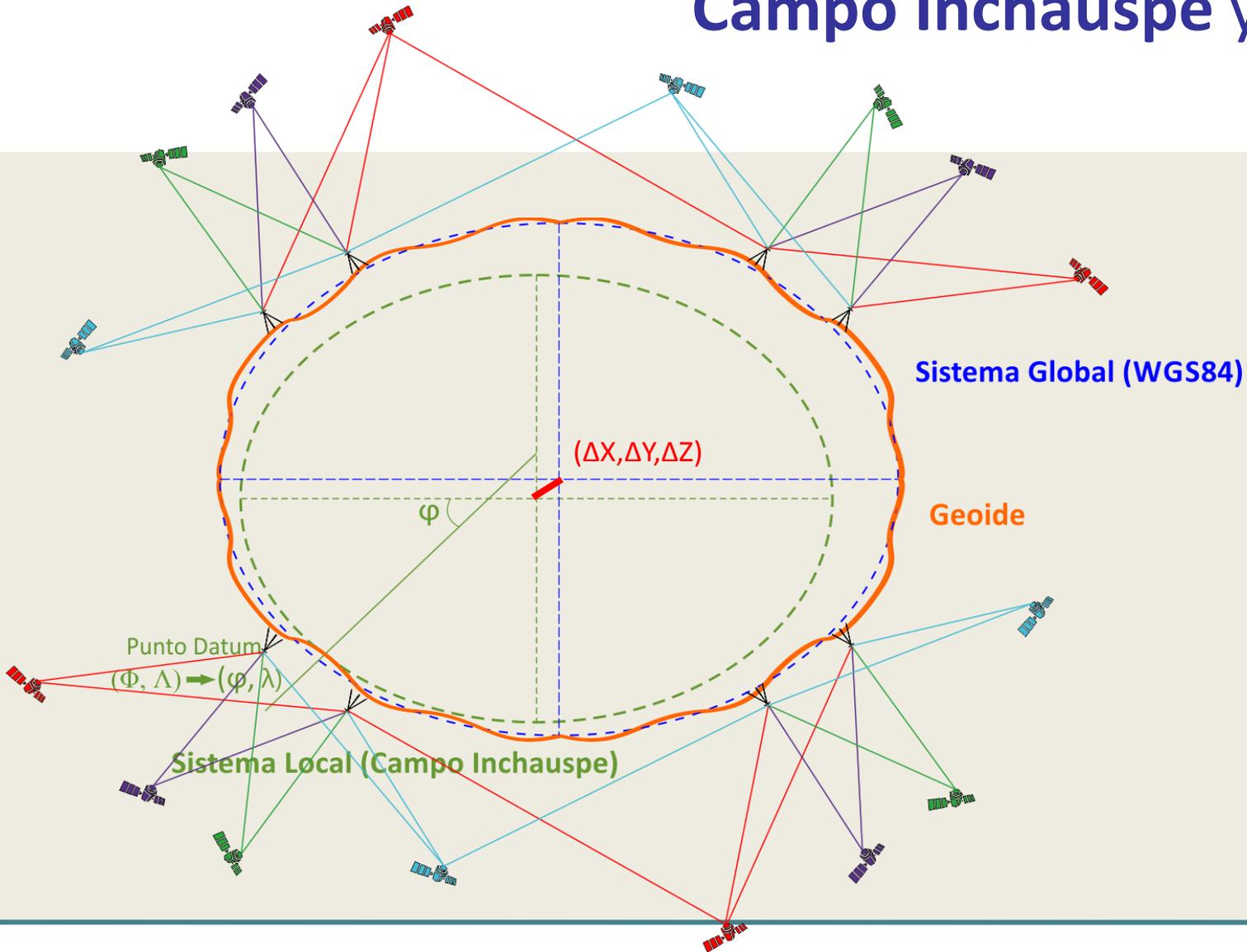
Determinación WGS84



Diferencia entre Marcos de Referencia Locales y WGS84



Diferencia entre Campo Inchauspe y WGS84



Parámetros de transformación

Campo Inchauspe 69 \Rightarrow WGS 84 (Posgar 94)

$$\Delta X = - 148 \text{ m}$$

$$\Delta Y = + 136 \text{ m}$$

$$\Delta Z = + 90 \text{ m}$$

$$\Delta a = - 251 \text{ m}$$

$$\Delta f = - 1,419270155 \cdot 10^{-5}$$

Las diferencias (Δ) se obtienen como :

Sistema Campo Inchauspe 69 - Sistema Posgar 94



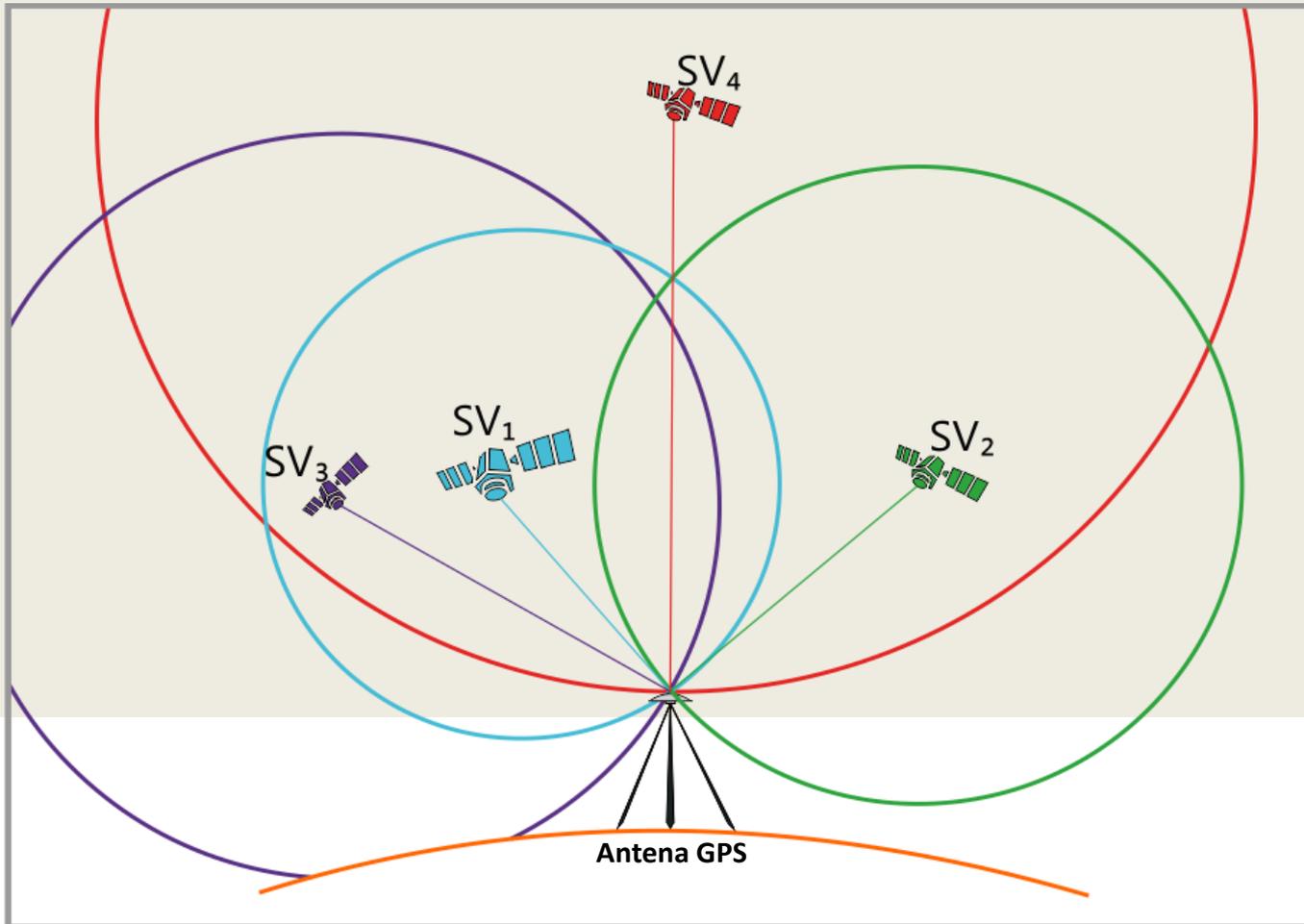
Sistema de Posicionamiento Global



GPS / GNSS

(Global Navigation Satellite System)

Determinación de la posición de un punto observando al menos 4 satélites en forma simultánea.



Satélite GPS



Introducción al GPS

- Segmento espacial:
 - Constelación de 24 satélites + 6 de backup
- Segmento de control:
 - 18 estaciones
- Segmento de usuario:
 - Usuarios de diversos ámbitos



Segmento Espacial

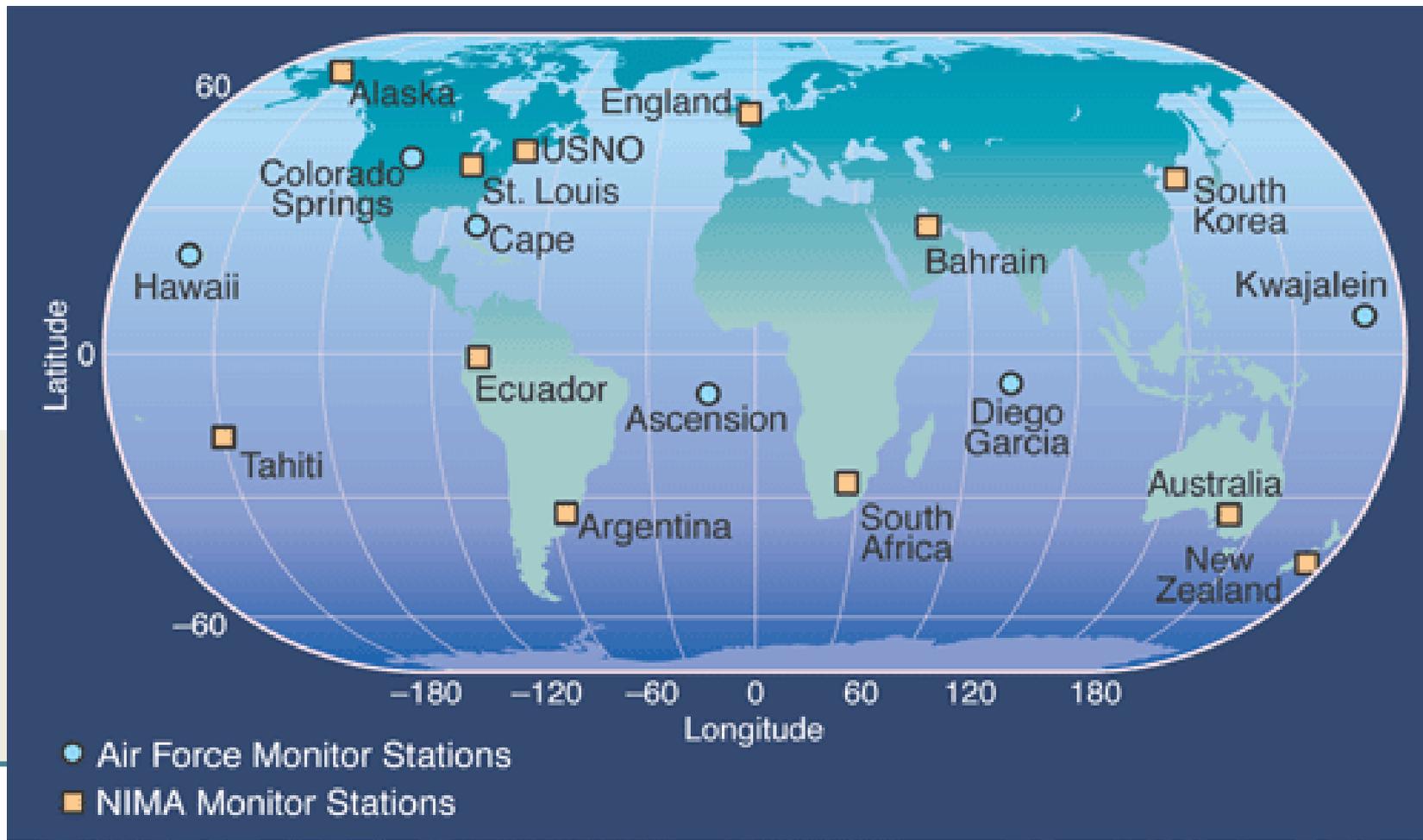
- 32 satélites
- Altura de órbita de 20.200Km
- 6 planos orbitales
- Inclinação de 55°
- Período orbital de 12 horas sidéreas





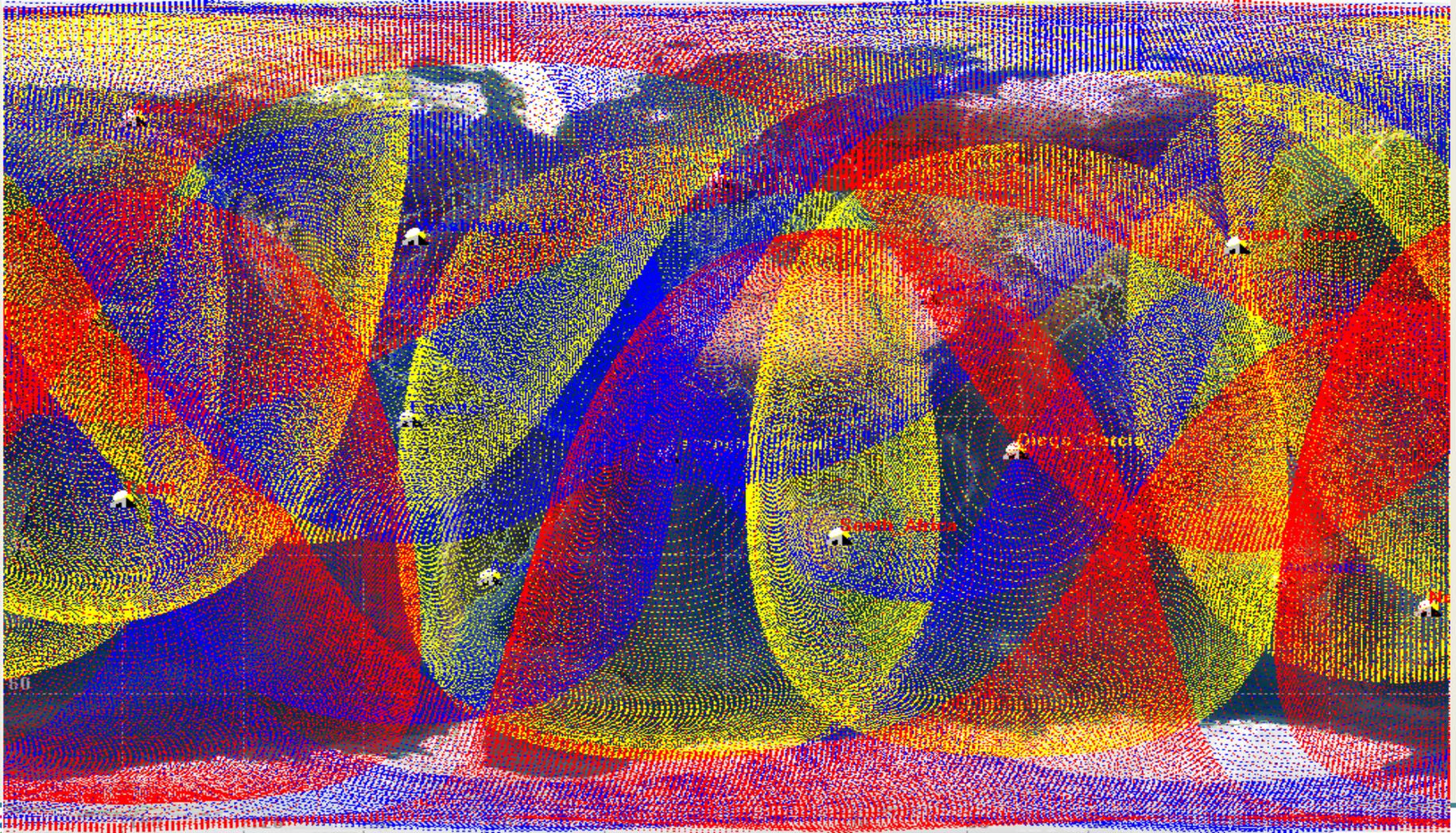
Segmento de Control

- 18 estaciones





Segmento de Control Cubrimimiento



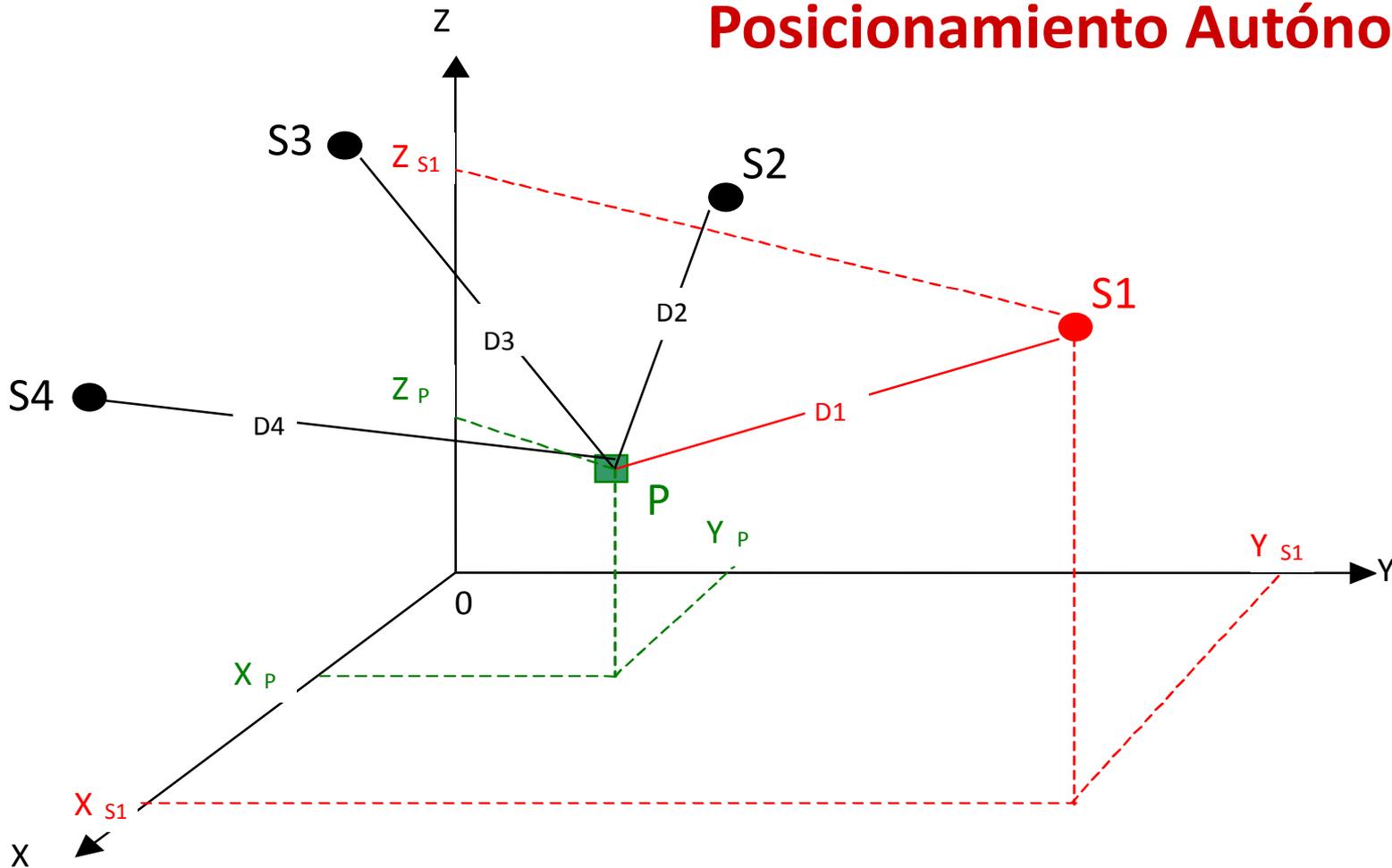
Segmento del Usuario

- Cualquier equipo de medición que esté recibiendo datos de la señal GPS para posicionarse.



Mediciones GPS

Posicionamiento Autónomo



Mediciones GPS

Posicionamiento Diferencial

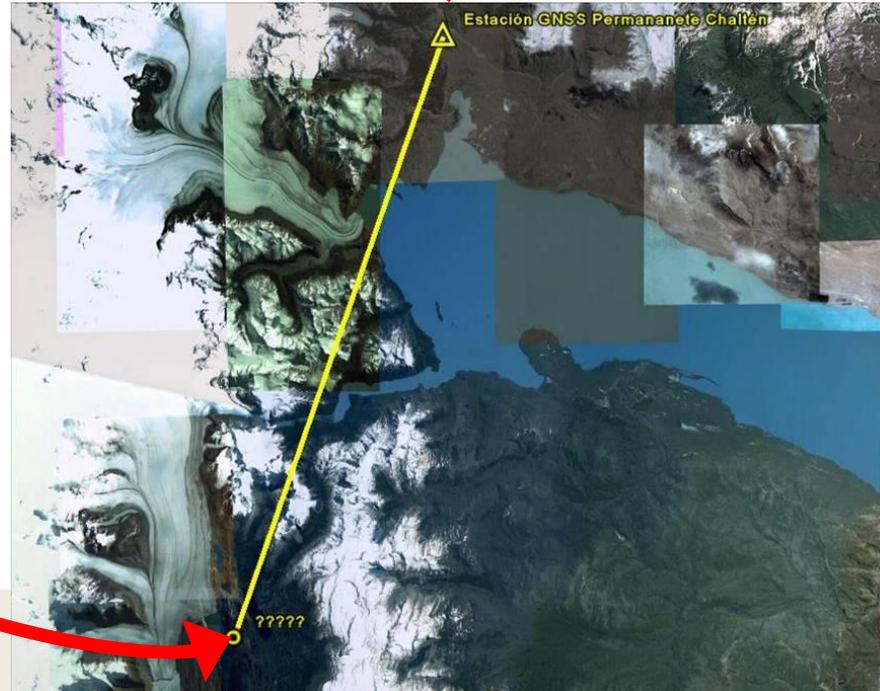
- Consiste en **dos receptores** que miden en forma simultánea (superposición horaria).
- Se calcula con mucha precisión el **vector** que separa los dos receptores GPS.
- Se requiere un **postproceso** de los datos medidos en el campo.
- Uno de los puntos debe tener **coordenada conocida**
→ **MARCO DE REFERENCIA**

Mediciones GPS

Ejemplo de Posicionamiento Diferencial



Chaltén



Glaciar Upsala



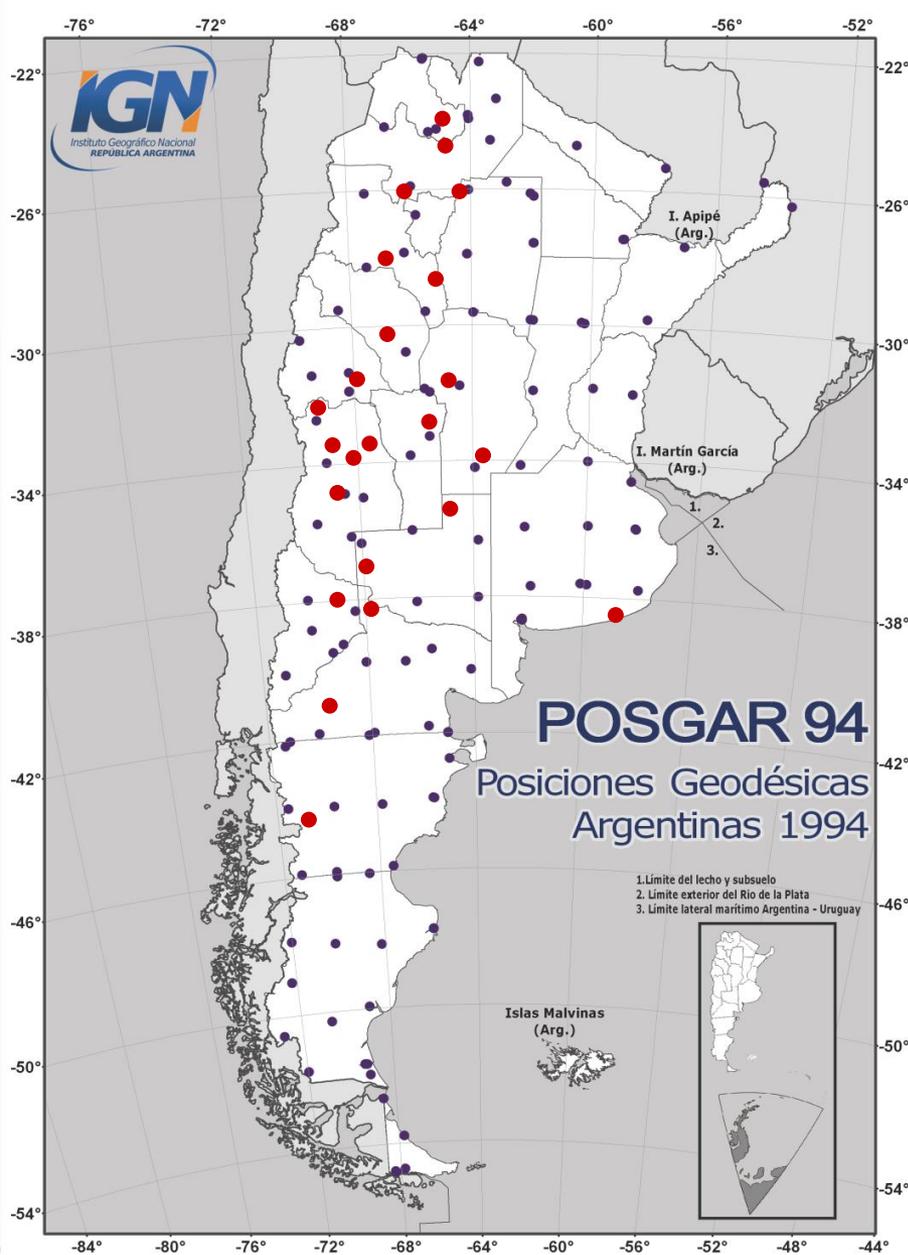


Evolución de Marcos de Referencia en Argentina

POSGAR 94

Posiciones Geodésicas Argentinas

- Medición, años 93 y 94
- 127 Puntos
 - 54 IGM
 - 23 CAP
- Procesamiento software comercial
- Vinculado a WGS 84
- Oficializado por el IGM el 13 de mayo de 1997



SIRGAS

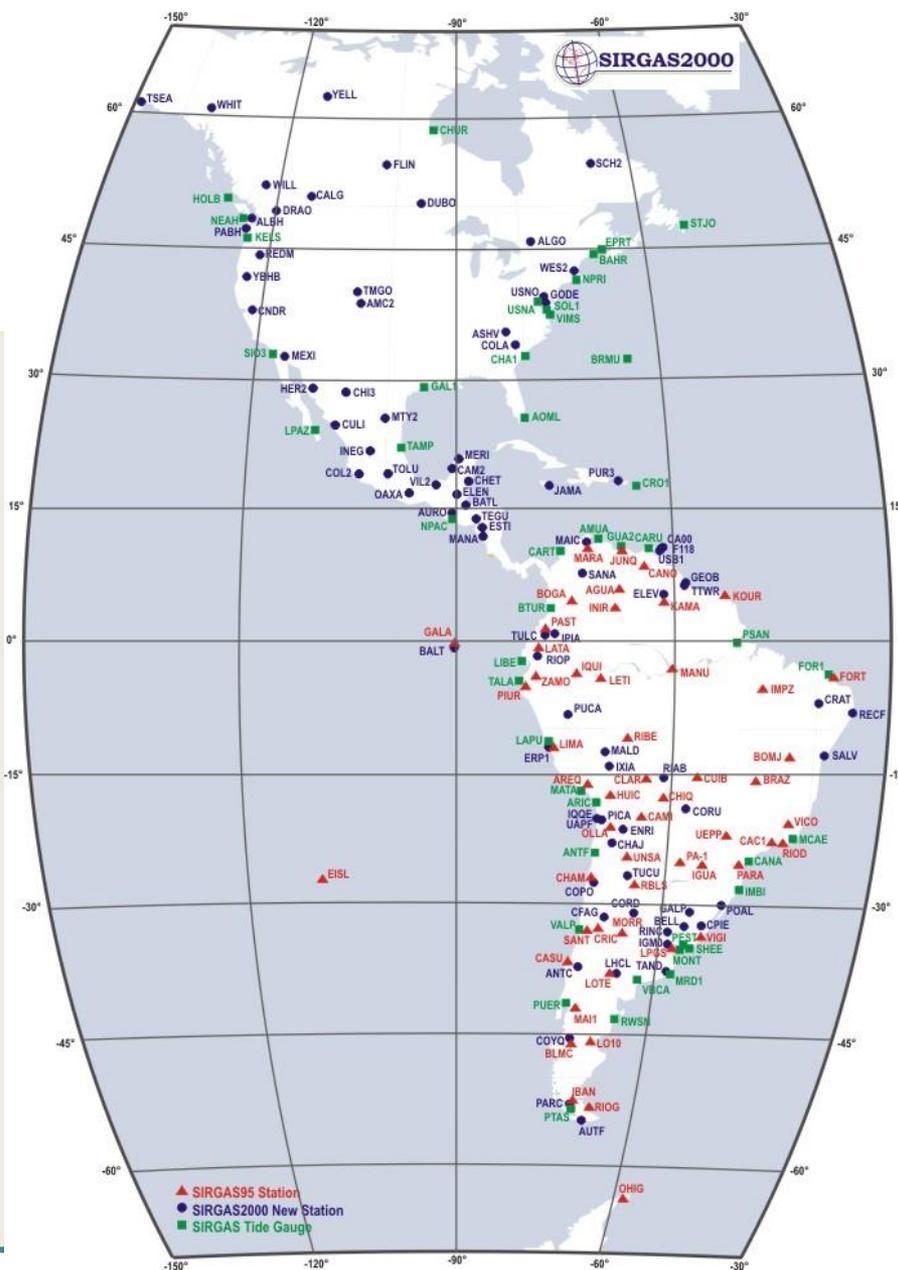
Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas

1995

- 58 Puntos en América del Sur
- 10 Puntos en Argentina

2000

- 184 Puntos en toda América
- 20 Puntos en Argentina
- 43 Mareógrafos



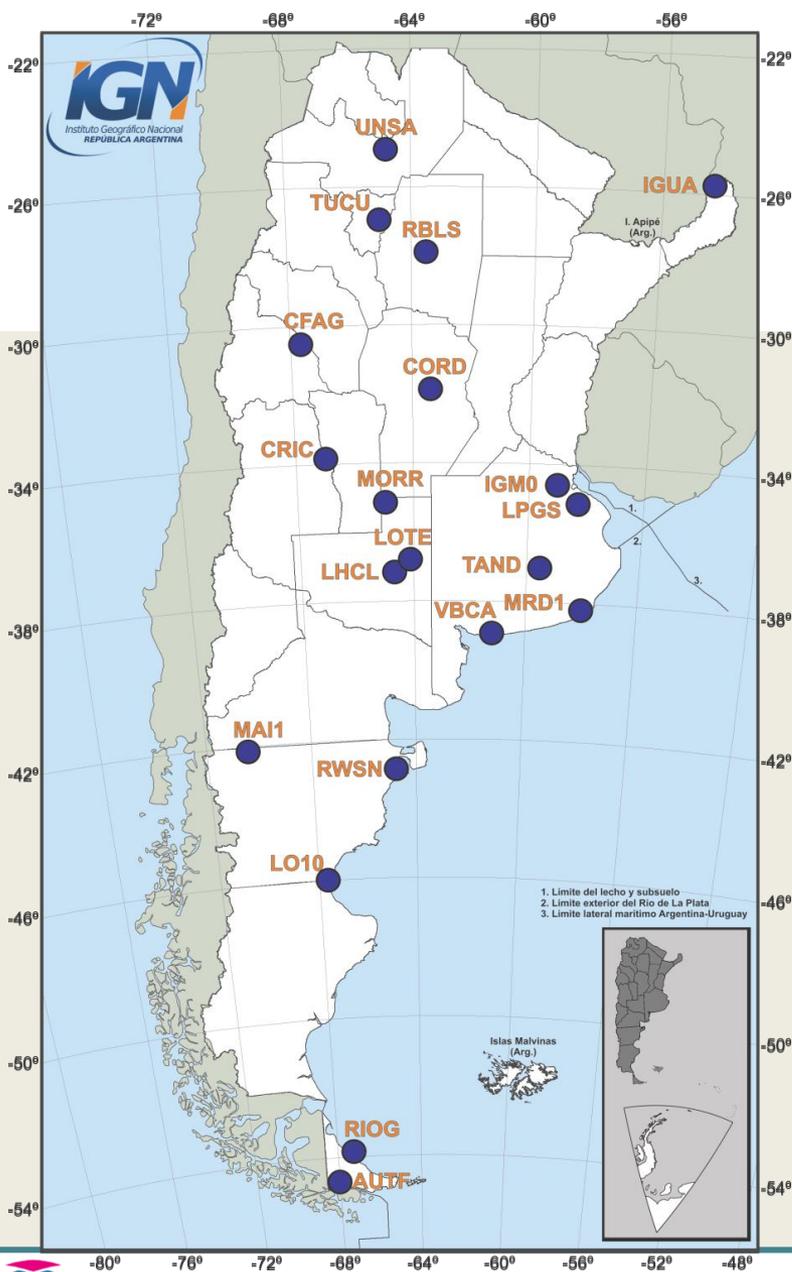
SIRGAS ARGENTINA

1995

- 10 Puntos en total
- 6 Puntos POSGAR

2000

- 20 Puntos en total
- 12 Estaciones Permanentes
- 3 Mareógrafos



IDERA
Infraestructura de
Datos Espaciales de la
República Argentina

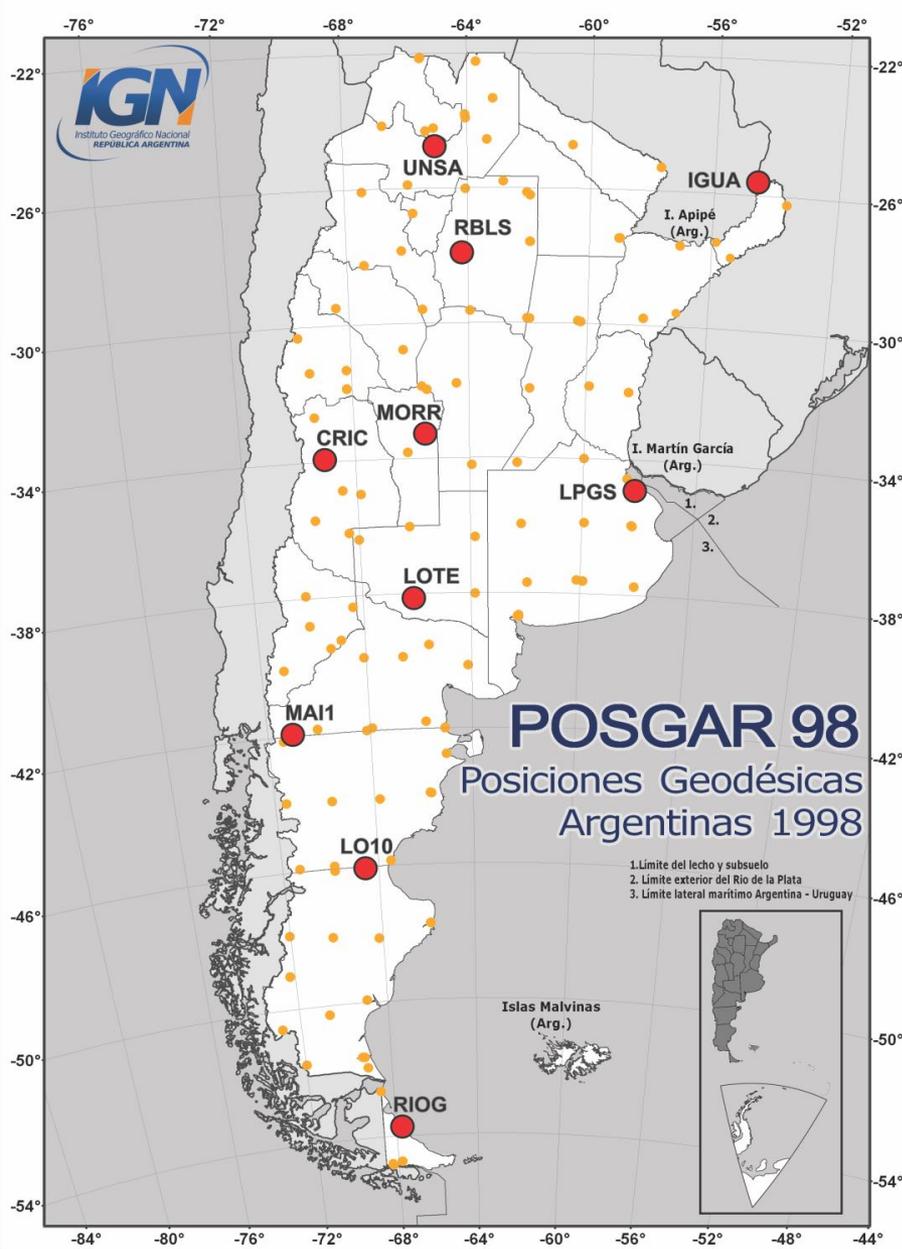


Ministerio de Agroindustria
Presidencia de la Nación



POSGAR 98

- Mediciones de POSGAR 94
- 3 Nuevos Puntos de Red
- 6 Estaciones Permanentes
- 136 Puntos
- Vinculación a ITRF 94 a través de puntos SIRGAS
- Procesamiento en software científico Bernese 4.0
- Sistema NO OFICIALIZADO por el IGM





Marcos de Referencia Globales Modernos

Estaciones GPS
Permanentes.

Registran datos los 365
días del año.



Glaciar Perito Moreno

Marcos de Referencia Modernos

SIRGAS-CON

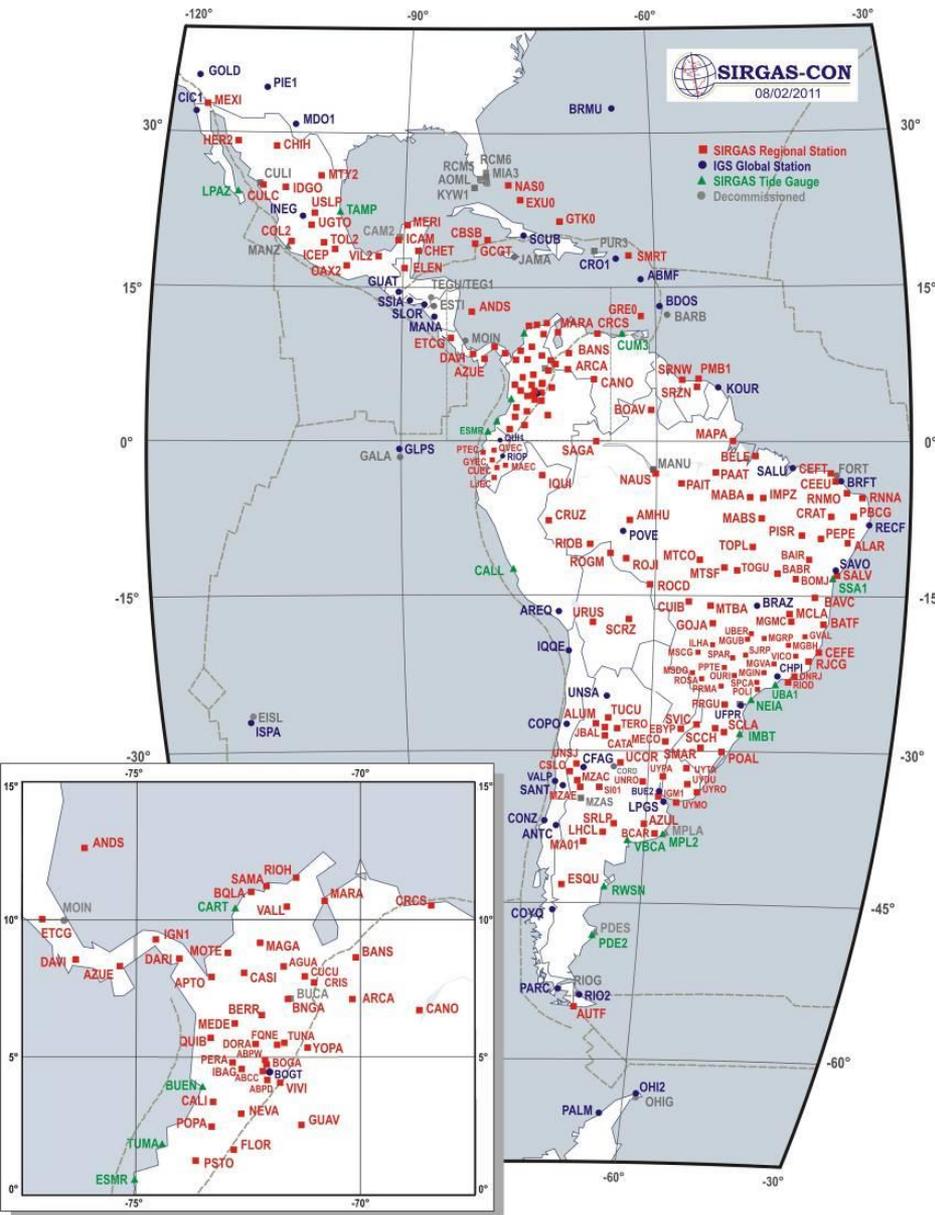
Red de operación continua

- 307 Estaciones GNSS Permanentes

- Densificación de ITRF

- Constituida principalmente por el aporte de Instituciones Nacionales y Provinciales (Catastros), Universidades, Consejos Profesionales y Empresas Privadas.

- 37 estaciones argentinas



Marcos de Referencia Modernos

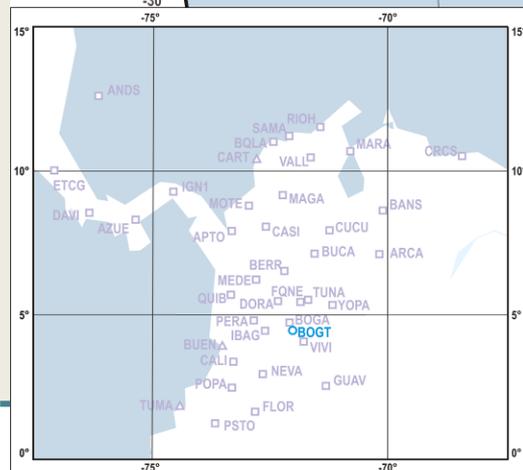
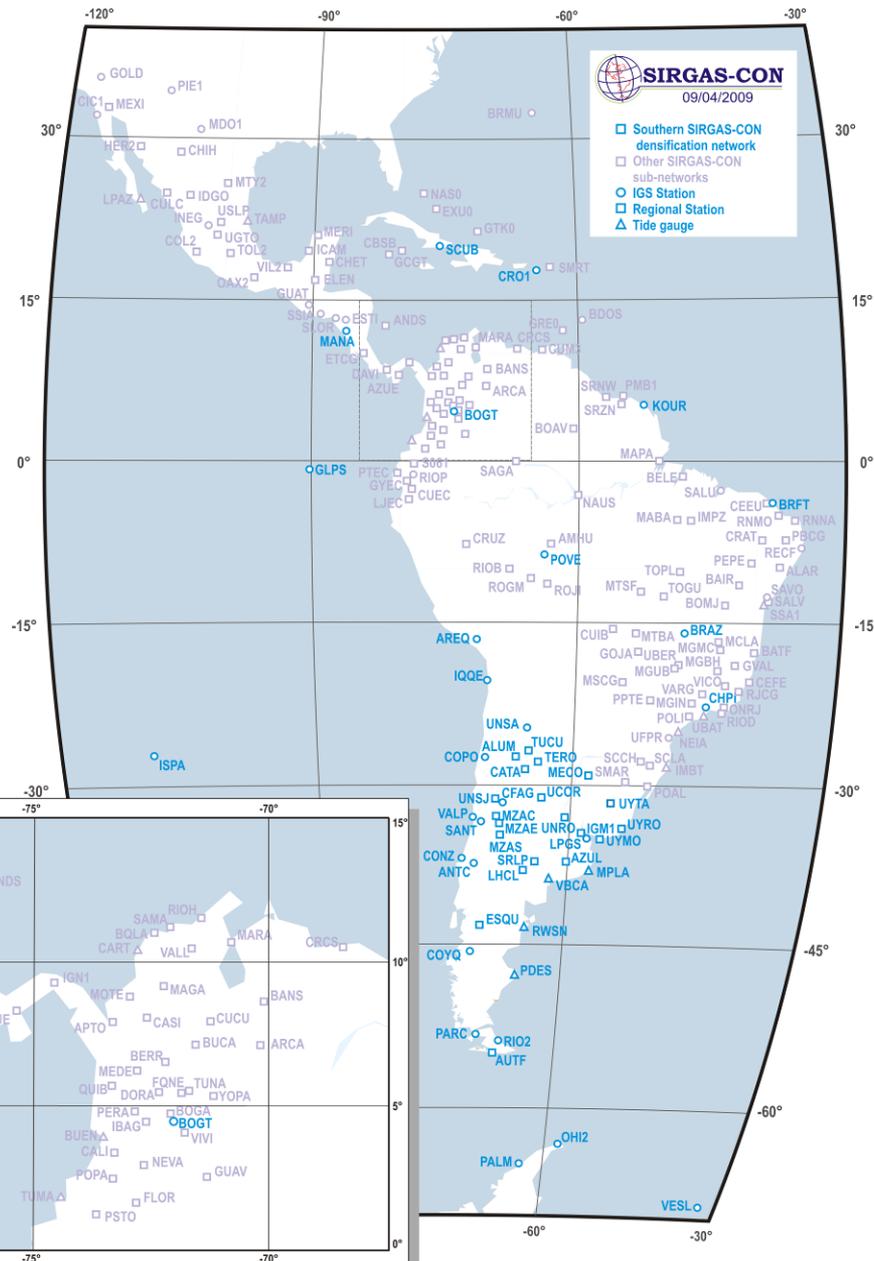
SIRGAS-CON-D_SUR

Aprox. 91 Estaciones GNSS Permanentes que componen la Red Sur.

Estaciones Argentinas que todavía están en proceso de incorporación a SIRGAS.

Puntos de la Red POSGAR 07.

Estrategia de procesamiento adaptada a los requerimientos de SIRGAS.

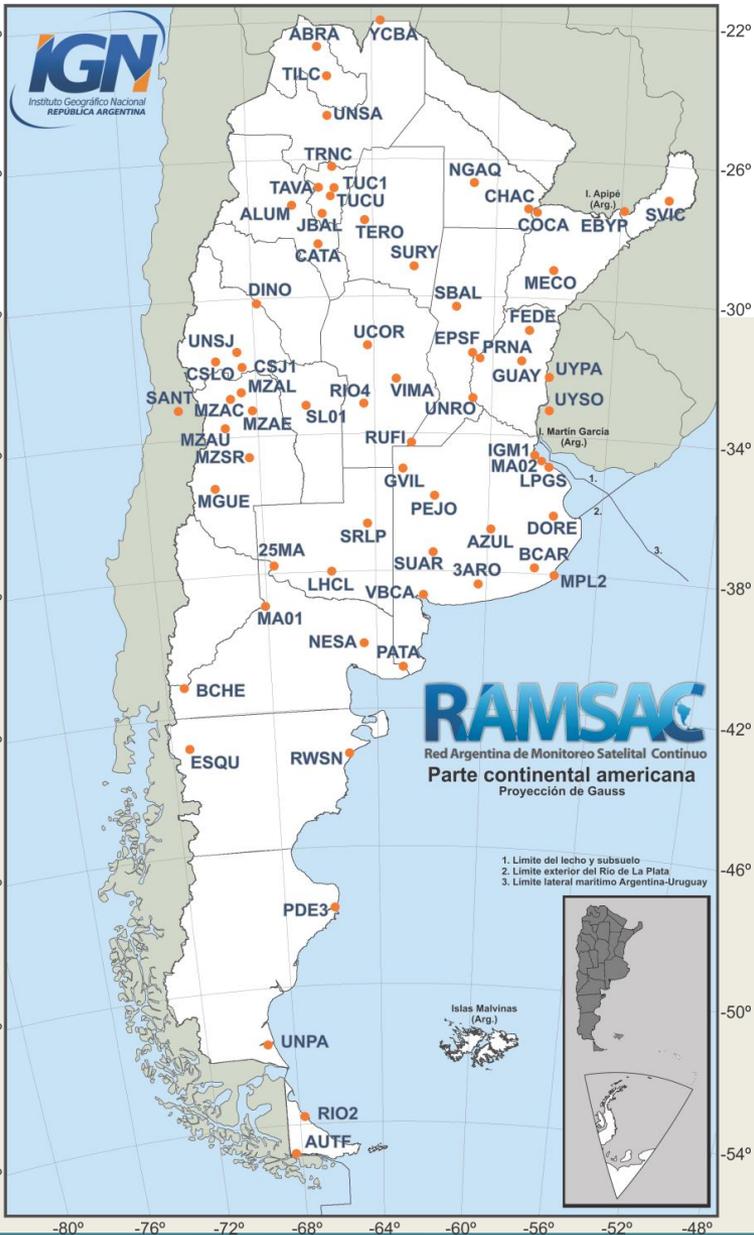


Marcos de Referencia Modernos

RAMSAC

Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo

- Nace en 1998
- Actualmente está compuesta por 96 estaciones GNSS permanentes
- Servidor de datos gratuito para usuarios
- Constituida principalmente por el aporte de Instituciones Nacionales y Provinciales (Catastros), Universidades, Consejos Profesionales y Empresas Privadas.



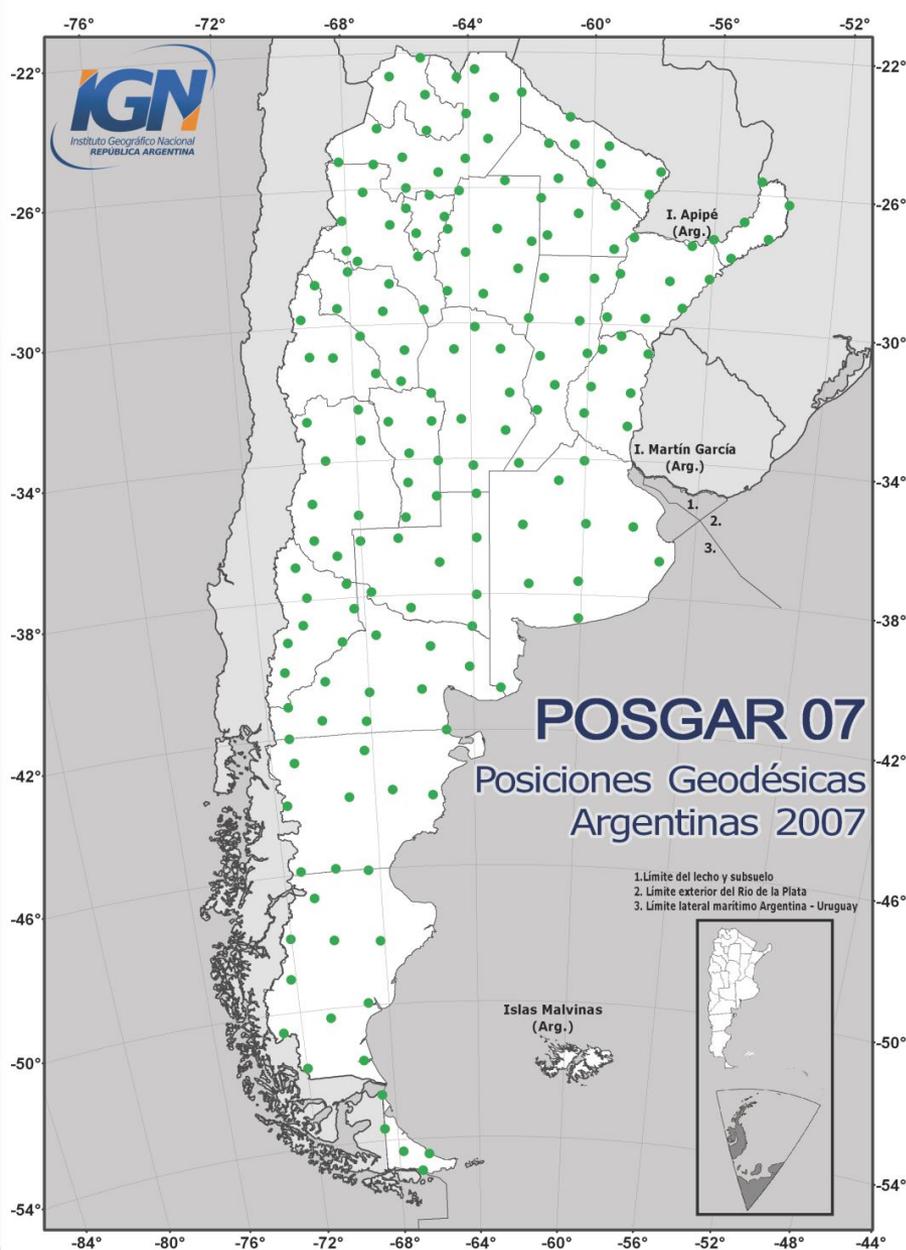


POSGAR 07

- La medición se realizó desde junio del año 2005 hasta octubre de 2007.
- 178 puntos con coordenadas en un Marco de Referencia **ÚNICO** y homogéneo.
- Desde los 178 puntos se midieron 436 puntos adicionales, que permitieron determinar la integración de cada una de las redes Provinciales y PASMA.
- Se oficializó el 15 de mayo del año 2009.

POSGAR 07

- 96 estaciones GPS permanentes (RAMSAC)
- 178 puntos de primer orden
- Aprox. 4500 puntos pertenecientes a redes PASMA y Provinciales
- Se procesó utilizando el software científico **GAMIT-GLOBK**





Marcos de Referencia Modernos

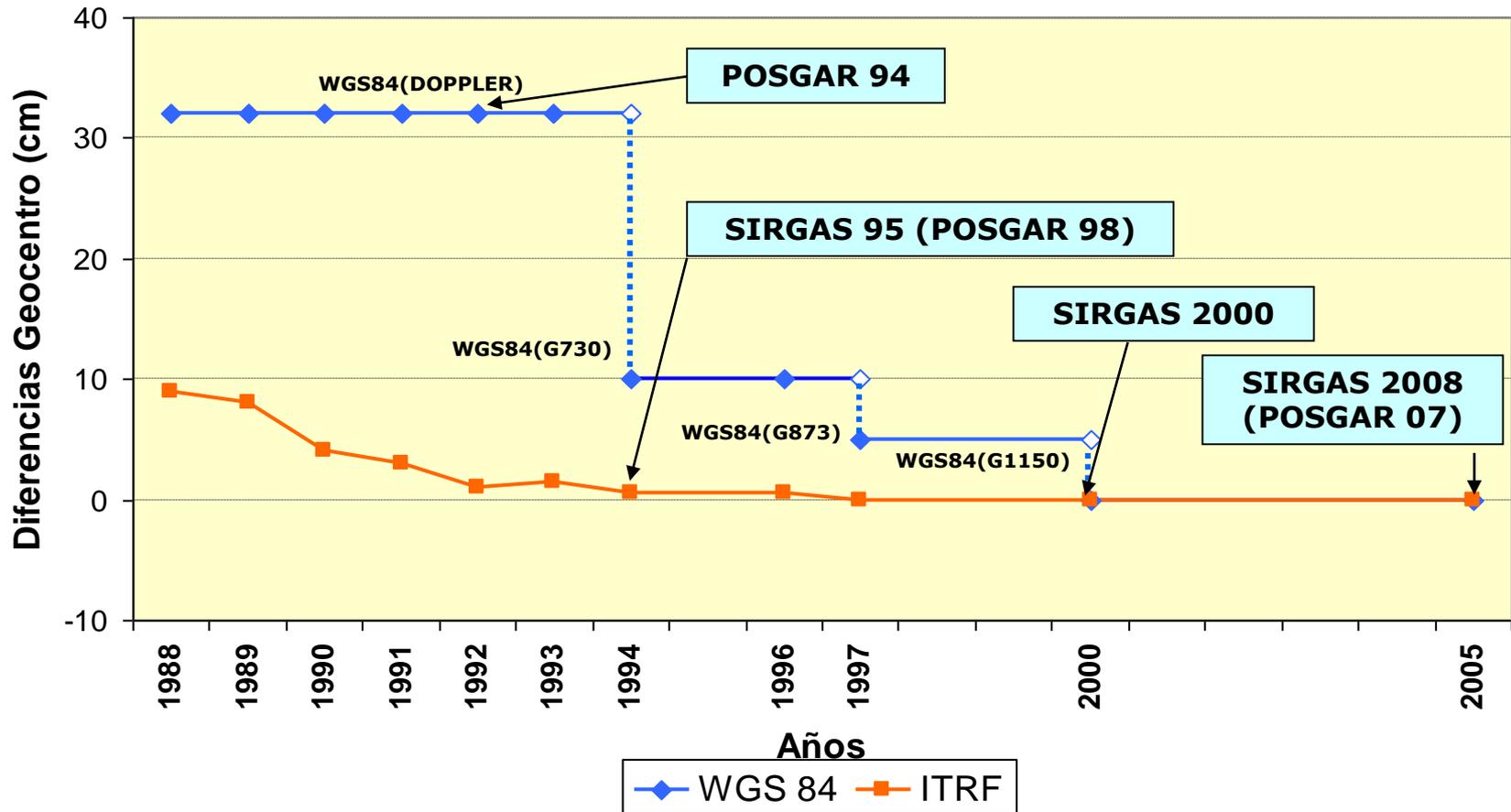
ITRF → SIRGAS → POSGAR 07

Año 2005 se comienza a medir una nueva red denominada **POSGAR 07** (Posiciones Geodésicas Argentinas del año 2007).

RELACIÓN ENTRE WGS 84 e ITRF

(World Geodetic System 84 – International Terrestrial Reference Frame)

EVOLUCIÓN MARCOS DE REFERENCIA (WGS 84 e ITRF)





Marco legal para la GEORREFERENCIACIÓN

LEY NACIONAL DE CATASTRO

LEY 26209

ARTÍCULO 3º — El poder de policía inmobiliario catastral comprende las siguientes atribuciones, sin perjuicio de las demás que las legislaciones locales asignen a los organismos mencionados en el artículo anterior:

- a) Practicar de oficio actos de levantamiento parcelario y territorial con fines catastrales;
- b) **Realizar la georreferenciación parcelaria y territorial;**
- c) Registrar y publicitar los estados parcelarios y de otros objetos territoriales legales con base en la documentación que les da origen, llevando los correspondientes registros;
-
- h) Formar, conservar y publicar el archivo histórico territorial;
- i) Interpretar y aplicar las normas que regulen la materia;
- j) **Establecer estándares, metadatos y todo otro componente compatible con el rol del catastro en el desarrollo de las infraestructuras de datos geoespaciales.**

LEY NACIONAL DE CATASTRO

LEY 26209

ARTÍCULO 5º — Son elementos de la parcela:

I. Esenciales:

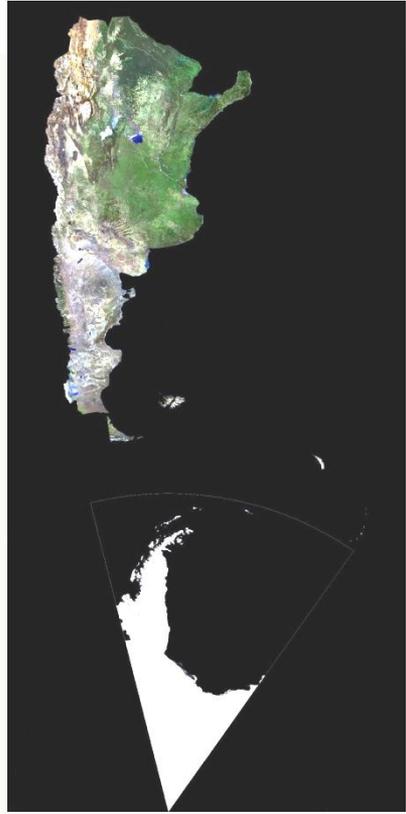
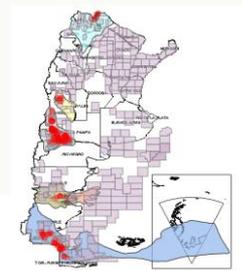
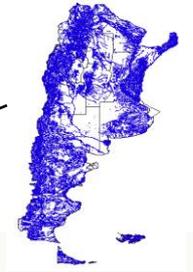
- a) **La ubicación georreferenciada del inmueble;**
- b) Los límites del inmueble, en relación a las causas jurídicas que les dan origen;
- c) Las medidas lineales, angulares y de superficie del inmueble.

II. Complementarios:

- a) La valuación fiscal;
- b) Sus linderos.

Dichos elementos constituyen el estado parcelario del inmueble.

Tecnología IDE bajo Normas y Estándares ISO - OGC

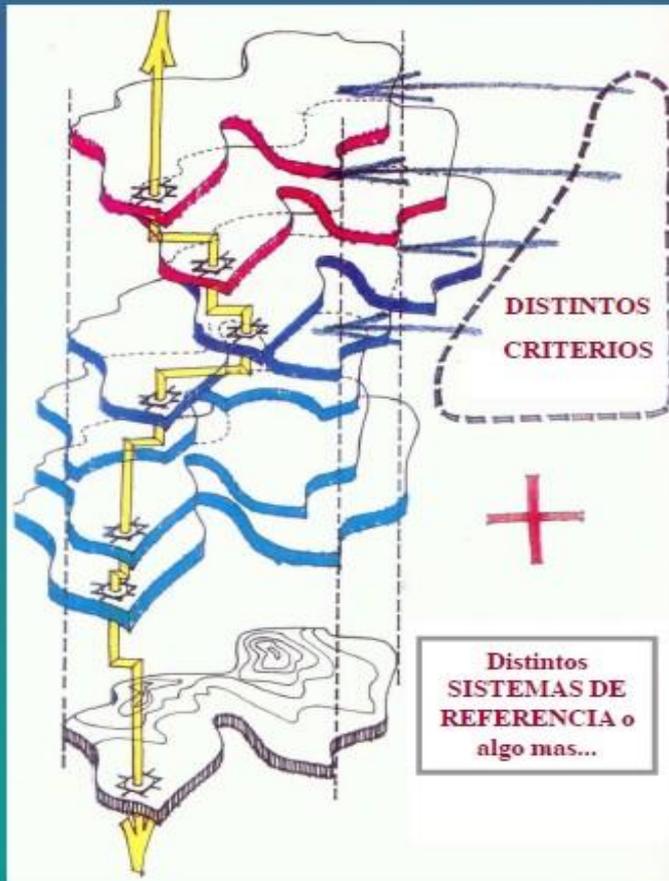


GEORREFERENCIACIÓN

Permite sobre la base de la cooperación y la interoperabilidad la integración de datos provenientes de distinta fuentes y ubicación remota

GEORREFERENCIACIÓN

Virginia Mackern



**Sistemas
NO COMPATIBLES**

**No sería
CORRECTO**

Planificar

Integrar

GEORREFERENCIACIÓN

Levantamiento - **WGS84**

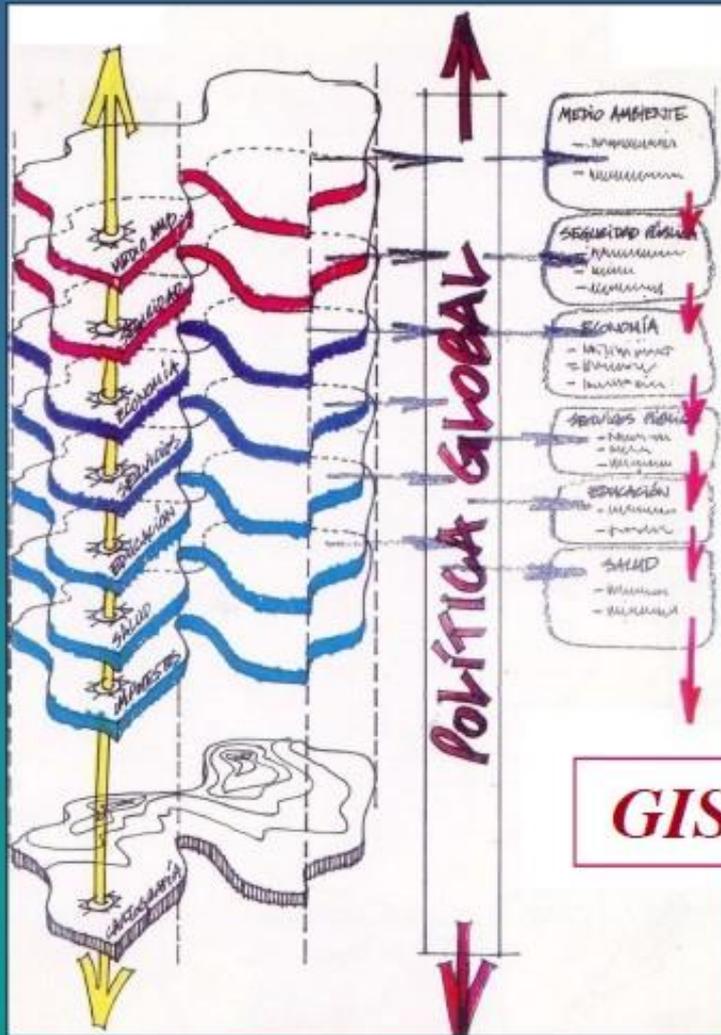
Imagen Satelital- **CAI69**

200 m

**INCOMPATIBILIDAD
DE SISTEMAS**

Virginia Mackern

GEORREFERENCIACIÓN



**Sistemas
COMPATIBLES**

**INFORMACION
GEORREFERENCIADA**

**Planificar
Integrar información**

Virginia Mackern

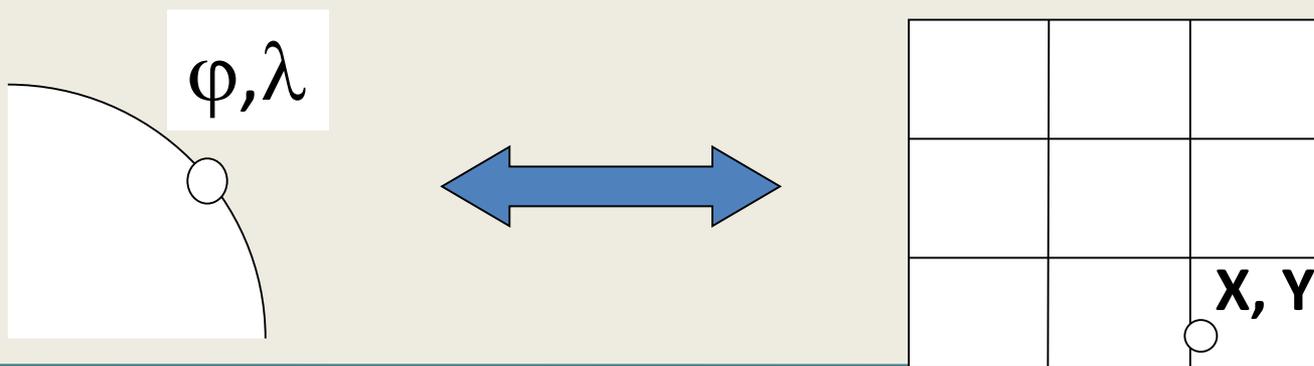


Sistemas de Proyección Cartográficos



Sistema de Proyección Cartográfico

- Un Sistema de Proyección Cartográfico permite representar en un plano la superficie curva de la Tierra.
- A cada punto del terreno de coordenadas φ, λ le corresponde en el plano un único punto de coordenadas X, Y y viceversa.
- En la transformación de coordenadas geodésicas a planas se producen deformaciones.



Sistema de Proyección Cartográfico

Deformaciones

CONSERVACIÓN DE
MEDIDAS

LINEALES

ANGULARES

AREALES

CLASIFICACIÓN

SISTEMAS EQUILÁTEROS

SISTEMAS CONFORMES

SISTEMAS EQUIVALENTES

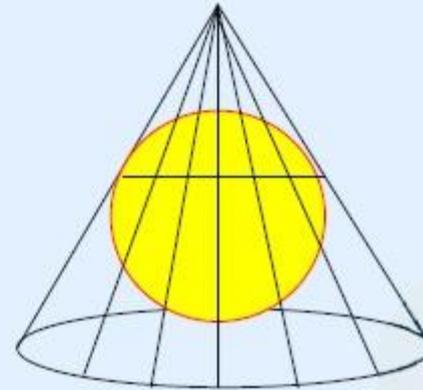
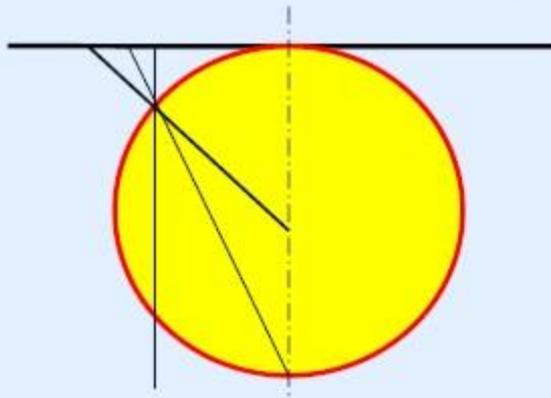
SISTEMA AFILÁCTICOS: No mantienen ninguna magnitud

Sistema de Proyección Cartográfico

Tipo de proyección

Proyecciones *en función del proceso geométrico:*

- **Proyección perspectiva:** la superficie es proyectada sobre un plano tangente o secante en un punto determinado de la superficie terrestre.
- **Proyección desarrollable o por desarrollo:** la superficie terrestre es proyectada sobre una figura geométrica que se puede desarrollar en un plano (cono o cilindro).





Sistema de Proyección Cartográfica

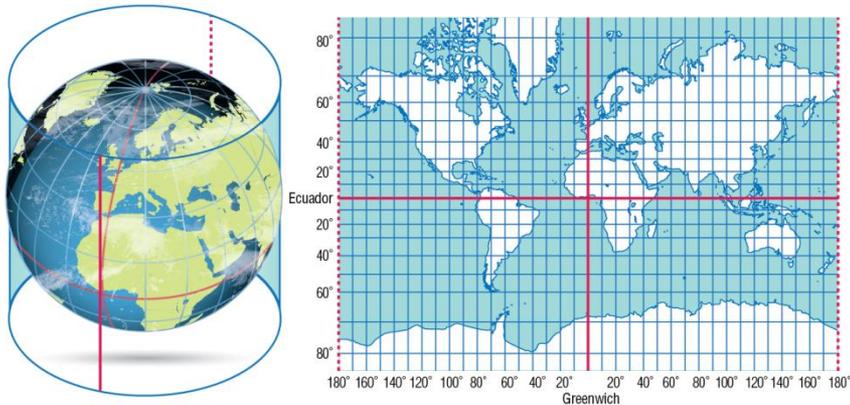
Superficie de Proyección

- AZIMUTALES → PLANO
- CILÍNDRICOS → CILINDRO
- CÓNICOS → CONO

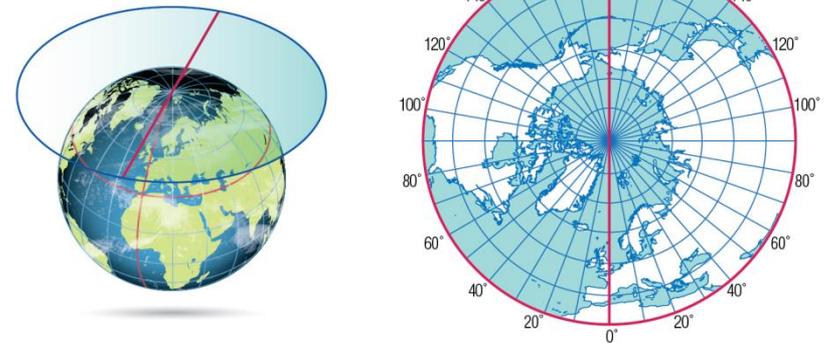
Sistema de Proyección Cartográfica

Superficie de Proyección

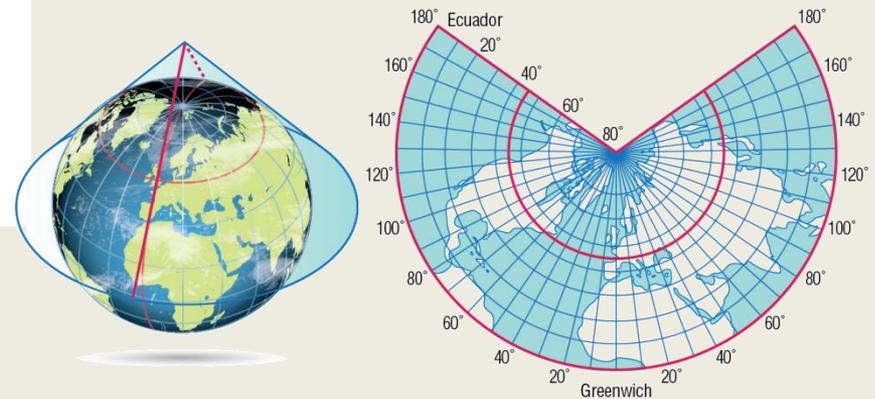
PROYECCIÓN CILÍNDRICA



PROYECCIÓN ACIMUTAL



PROYECCIÓN CÓNICA





Sistema de Proyección Cartográfico

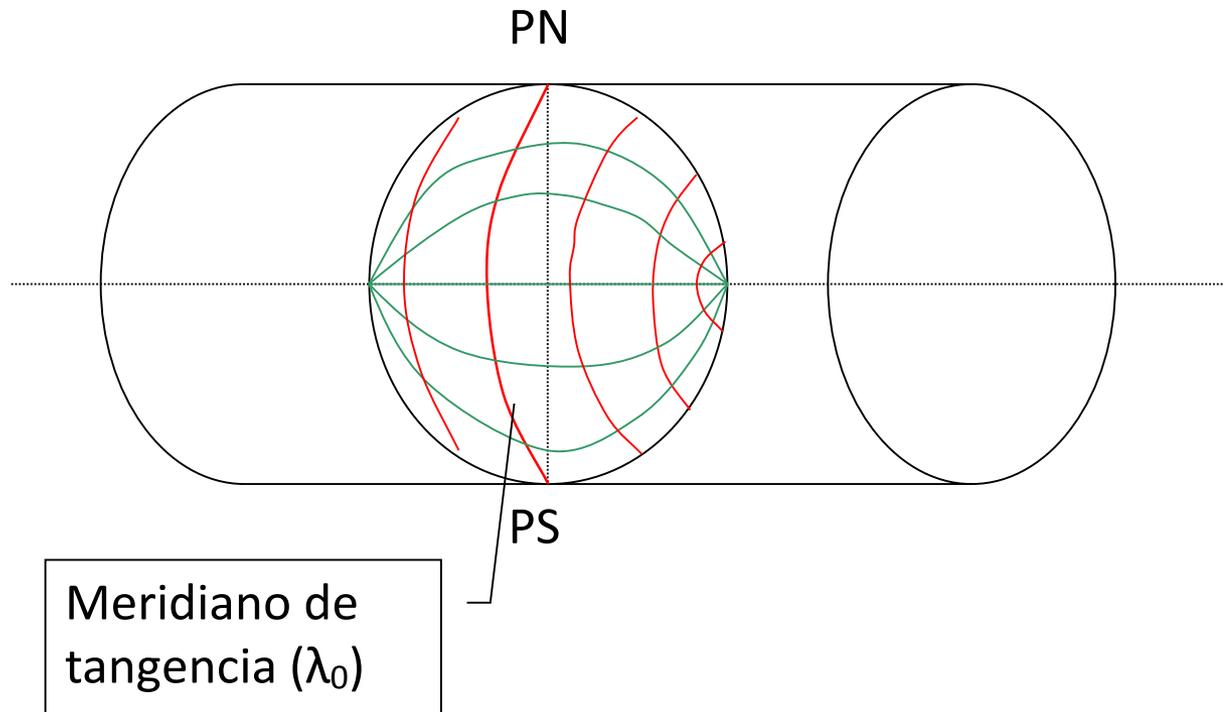
Proyección GAUSS KRÜGER

CARACTERÍSTICAS

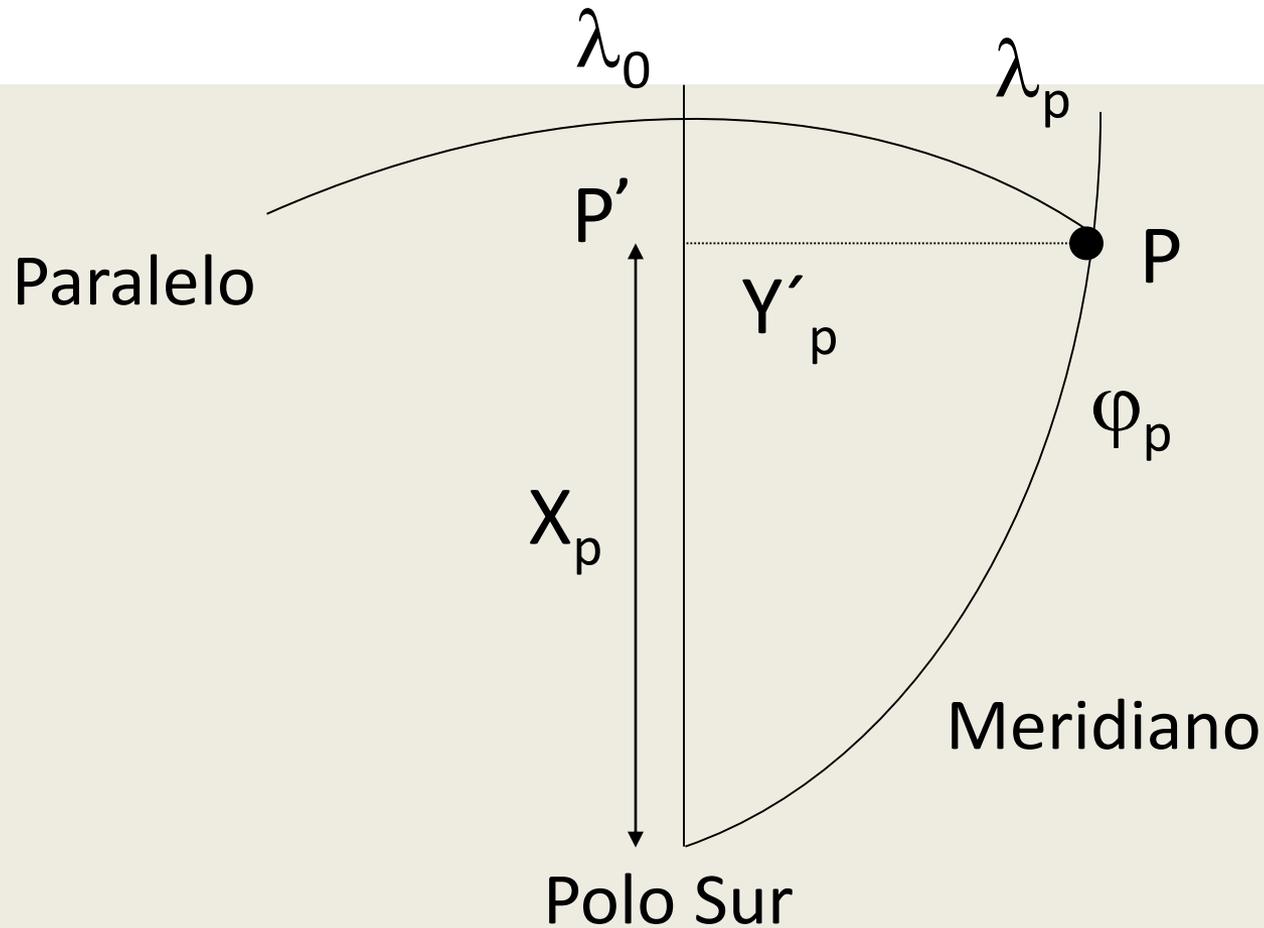
- **CONFORME** ⇒ Se conservan los ángulos
- **CONVENCIONAL** ⇒ Transformación $\varphi, \lambda \Leftrightarrow X, Y$ por fórmulas
- **CILÍNDRICO** ⇒ Se desarrolla sobre un cilindro tangente transversal
- **ELIPSÓIDICO** ⇒ Escala $\geq 1 : 1000000$



Proyección GAUSS-KRÜGER



Proyección GAUSS-KRÜGER





Coordenadas GAUSS-KRÜGER

$X \Rightarrow$ SE MIDE SOBRE λ_0 DESDE EL POLO SUR

$$Y = Y_0 + Y'_p$$

Donde :

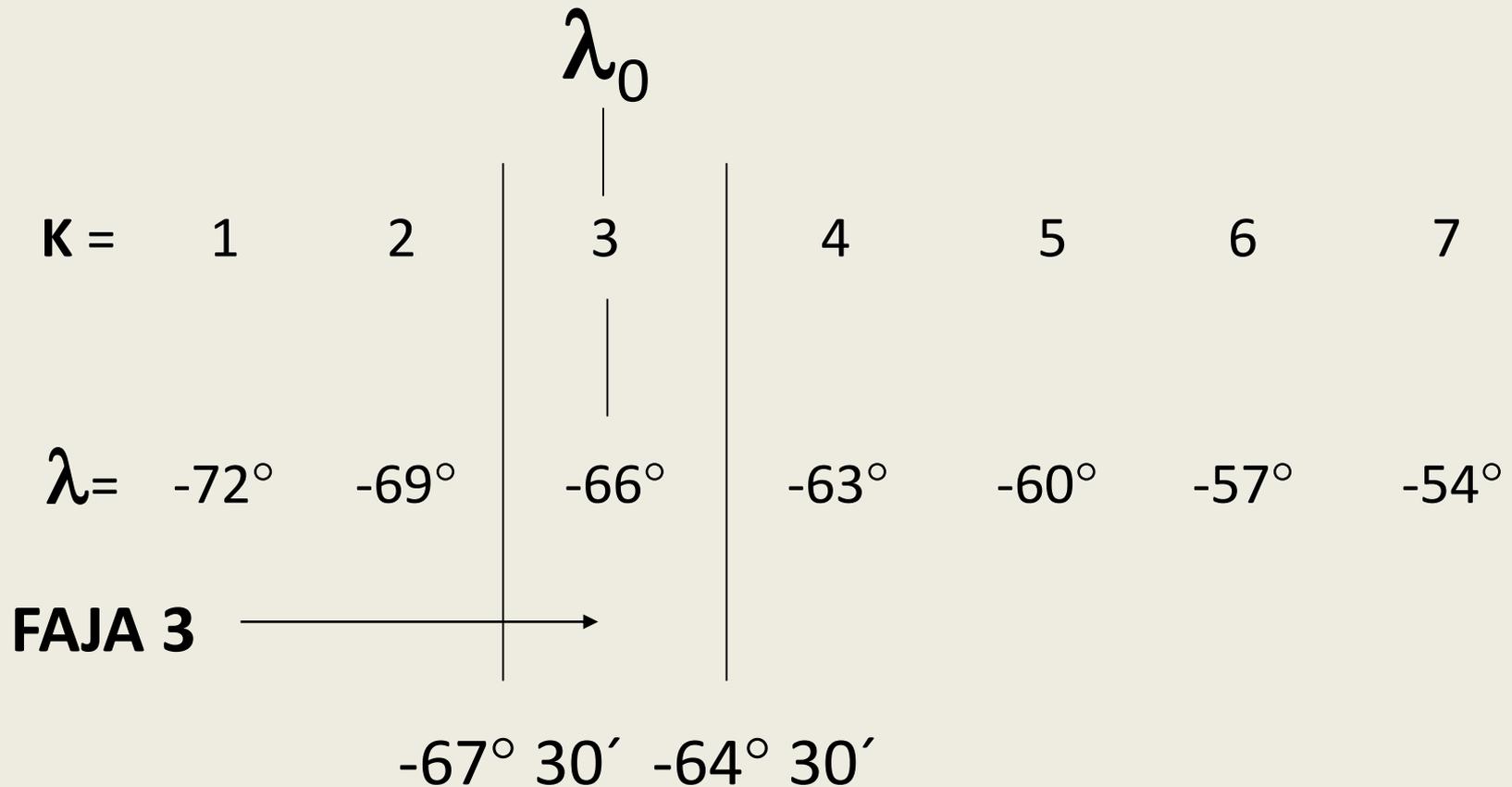
$$Y_0 = K \cdot 10^6 + 500000$$

K = CARACTERÍSTICA DE FAJA

Y'_p es positivo al este de λ_0 y negativo al oeste de λ_0

Proyección GAUSS-KRÜGER

Meridianos de tangencia





Marco de Referencia Geodésico y Sistema de Proyección GAUSS-KRÜGER

Campo Inchauspe

Gauss Krüger

POSGAR 94

Cónica de Lambert

POSGAR 98

Estereográfica Polar

POSGAR 07

UTM

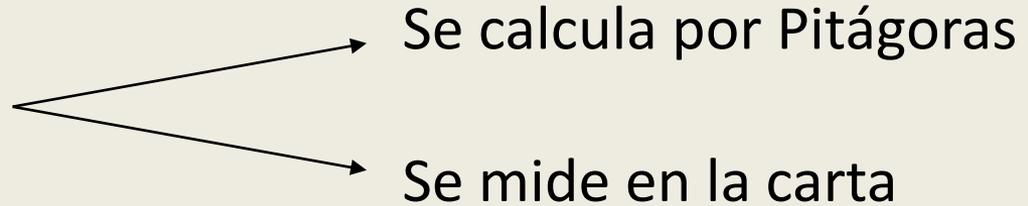
SIRGAS

ITRF

Proyección GAUSS-KRÜGER

Deformación lineal

Distancia plana



Módulo de Agrandamiento

$$\longrightarrow m = 1 + \frac{Y'^2}{2R^2}$$

Distancia plana

Distancia geodésica =

$$\frac{\text{Distancia plana}}{m}$$

Proyección GAUSS-KRÜGER

Ejemplos de deformación

Coordenadas geodésicas POSGAR

•: -34 35 00

★: -58 32 00

•: -34 38 00

★: -58 34 00

Coordenadas planas Gauss- Krüger POSGAR

X: 6172618.729

Y: 5634569.736

X: 6167115.383

Y: 5631432.266

Distancia plana:

6334.866 m

Distancia geodésica:

6333.387 m

Diferencia:

1.380 m





Muchas gracias

Agrim. Sergio Cimbaro
Instituto Geográfico Nacional