

Consolidación del marco de referencia internacional (ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

*Bibliografía

-*Torge W., 2001. Geodesy. 3rd Edition. Walter de Gruyter – Berlin – New York.*

-*Hoffman B. (2001). GPS, Theory and Practice. Springer WienNewYork.*

-*IERS Technical Notes. Nro 21 (1996) y Nro 32 (2003).*

-<http://itrf.ensg.ign.fr/>

-<http://www.sirgas.org/>

Consolidación del marco de referencia internacional (ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

*La definición de un Sistema Terrestre está asociada a la problemática planteada por los movimientos de nuestro planeta en el espacio

-la Tierra es un cuerpo rotante y de velocidad variable (**LOD**)

-su eje de rotación instantáneo varia su orientación en el espacio (**Precesión y Nutación**)

*En consecuencia, la Tierra no es apta para definir un **sistema de referencia inercial** (Fijo en el Espacio o con movimiento no acelerado)

*Por eso, las estrellas (las radiofuentes extragalácticas) son las que definen:

-el sistema de referencia internacional celeste **ICRS: International Celestial Reference System**

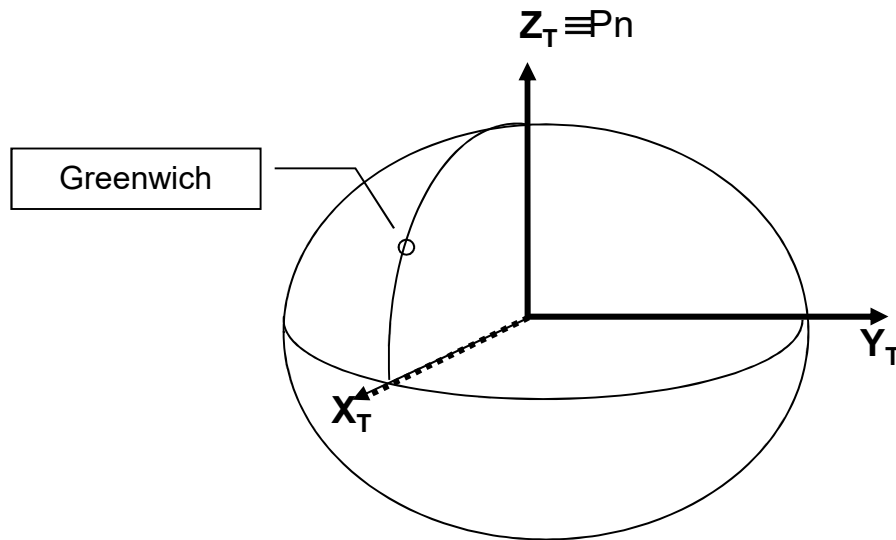
- y su realización el **ICRF: International Celestial Reference Frame.**

Sistema INERCIAL !!!

Consolidación del marco de referencia internacional (ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

*En estas condiciones podemos pensar en proponer como Sistema Terrestre una terna de ejes cartesianos fijos a la Tierra, con su eje Z coincidiendo con el Eje Instantáneo de Rotación.

// La Precesión y la Nutación nos permitirán **relacionar** este sistema con el inercial (celeste) // ... y todo estará solucionado.

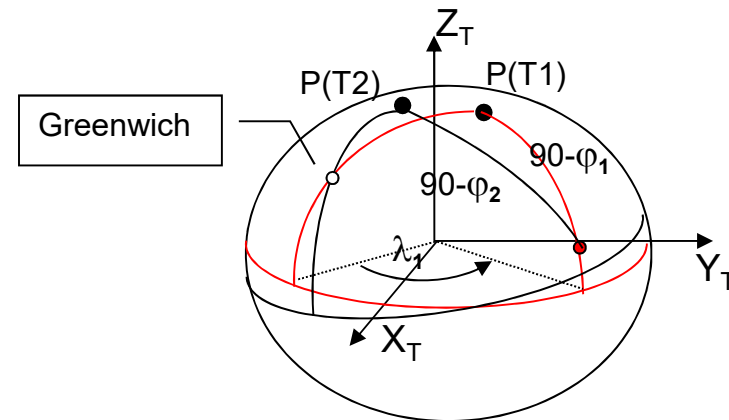


Consolidación del marco de referencia internacional (ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

*En estas condiciones podemos pensar en proponer como Sistema Terrestre una terna de ejes cartesianos fijos a la Tierra, con su eje Z coincidiendo con el Eje Instantáneo de Rotación.

// La Precesión y la Nutación nos permitirán **relacionar** este sistema con el inercial (celeste) // ... y todo estará solucionado.

*Pero la posición del Eje Instantáneo de Rotación también es variable **dentro del cuerpo terrestre (movimiento del polo)**. *** esto implica que nuestras coordenadas terrestres variarán permanentemente por el mov del polo :
¡ INACEPTABLE !



Consolidación del marco de referencia internacional (ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

*En estas condiciones podemos pensar en proponer como Sistema Terrestre una terna de ejes cartesianos fijos a la Tierra, con su eje Z coincidiendo con el Eje Instantáneo de Rotación.

// La Precesión y la Nutación nos permitirán **relacionar** este sistema con el inercial (celeste) // ... y todo estará solucionado.

*Pero la posición del Eje Instantáneo de Rotación también es variable **dentro del cuerpo terrestre (movimiento del polo)**. *** esto implica que nuestras coordenadas terrestres variarán permanentemente por el mov del polo :
¡ INACEPTABLE !

*Por ello, la única manera es definir un **Sistema de Referencia Terrestre** “fijo” al cuerpo terrestre con su eje Z “próximo” al Eje Instantáneo de Rotación.

$$X(\text{SRT}) = R(\text{mov polo}) \cdot R(\text{TSAG}) \cdot R(\text{N,P}) \cdot X(\text{ICRS})$$

Consolidación del marco de referencia internacional (ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

* Los sistemas referencia terrestre y celeste, y los parámetros que los relacionan (matrices de rotación) son realizados y mantenidos por el **IERS**.

<http://www.iers.org/MainDisp.csl?pid=34-8>



International Earth Rotation and Reference Systems Service

3849 3849803000 589 596411 3890 3478 348
2788 28 283171828 265314869
107 276 78264

[IERS HOME](#)

[ORGANIZATION](#)

[DATA / PRODUCTS](#)

[PUBLICATIONS](#)

[SCIENCE BACKGROUND](#)

[NEWS / MEETINGS](#)

DATA / PRODUCTS

- [Earth orientation data](#)
- [Conventions](#)
- [ICRF](#)
- [ICRS](#)
- [ITRF](#)
- [ITRS](#)
- [Geophysical fluids data](#)
- [IERS Components](#)
- [FAQs](#)

[DATA / PRODUCTS](#)

IERS Data and Products

ICRF / ICRS

The International Celestial Reference Frame (ICRF) consists of equatorial coordinates of extragalactic radio sources observed with VLBI, realizing an ideal reference system, the International Celestial Reference System (ICRS).

[ICRF](#) [ICRS](#)

ITRF / ITRS

The International Terrestrial Reference Frame (ITRF) is a set of points with their 3-dimensional cartesian coordinates which realize an ideal reference system, the International Terrestrial Reference System (ITRS).

[ITRF](#) [ITRS](#)

Geophysical Fluids Data

Global geophysical fluids data provide information related to Earth rotation variation, gravity field variation and geocenter motion that are caused by mass transports in the global geophysical fluids (atmosphere, oceans, hydrology, tides, mantle, core).

[more..](#)

Consolidación del marco de referencia internacional (ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

Sistema y Marco de Referencia Terrestre del IERS

ITRS (IERS Terrestrial Reference System)

***Definición**

- terna Cartesiana (XYZ) con origen el Geocentro de las masas terrestres, incluyendo la atmósfera y los océanos.
- el eje Z próximo al Eje Inst de Rot y el eje X cercano al meridiano de Greenwich
- la evolución en el tiempo no generará una rotación global con referencia a la corteza terrestre. (***)

***Realización**

- El **ITRS** se **materializa** a través del Marco de Referencia **ITRF** (IERS Terrestrial Reference Frame)
- El **ITRF** se produce por la combinación de soluciones de diferentes técnicas espaciales: VLBI, SLR, LLR, DORIS y GNSS
- Se calculan soluciones periódicamente denominadas **ITRFyy**, donde “yy” es el año de las observaciones más recientes.

Consolidación del marco de referencia internacional (ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

El Marco de Referencia Terrestre del IERS

ITRF (IERS Terrestrial Reference Frame)

***WGS72 – WGS84 – ITRF88 - ITRF90 – ITRF92 – ITRF93 – ITRF94
– ITRF96 – ITRF97 – ITRF2000 – ITRF2005 – ITRF2008**

*ITRF97

-Soluciones: 4 VLBI, 5 SLR, 6 GPS (**IGS**), 1 combinada

-**Coordenadas y Velocidades** de 550 estaciones de observación en 325 lugares

*ITRF2000

-Soluciones: 3 VLBI, 7 SLR, 6 GPS, 2 DORIS, 1 LLR.

-**Soluciones regionales (ej. SIRGAS, EUREF)**

-Coordenadas y Velocidades para estaciones (aprox 800) en 477 lugares

*ITRF2005

-Actualización de ITRF2000.

-La solución se basa en prácticamente los mismos lugares pero incluye nuevas estaciones como mareógrafos y puntos de control

*ITRF2008

-Actualización de ITRF2005

-579 sitios / 920 estaciones

Consolidación del marco de referencia internacional (ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

El Marco de Referencia Terrestre del IERS

ITRF (IERS Terrestrial Reference Frame)

***WGS72 – WGS84** – ITRF88 - ITRF90 - ITRF92 - ITRF93 - ITRF94
– ITRF96 – ITRF97 – ITRF2000

IGS : International GNSS Service

*ITRF97

- Soluciones: 4 VLBI, 5 SLR, 6 GPS (**IGS**), 1 combinada
- Coordenadas y Velocidades** de 550 estaciones de observación en 325 lugares

*ITRF2000

- Soluciones: 3 VLBI, 7 SLR, 6 GPS, 2 DORIS, 1 LLR.
- Soluciones regionales (ej. SIRGAS, EUREF)**
- Coordenadas y Velocidades para estaciones (aprox 800) en 477 lugares

*ITRF2005

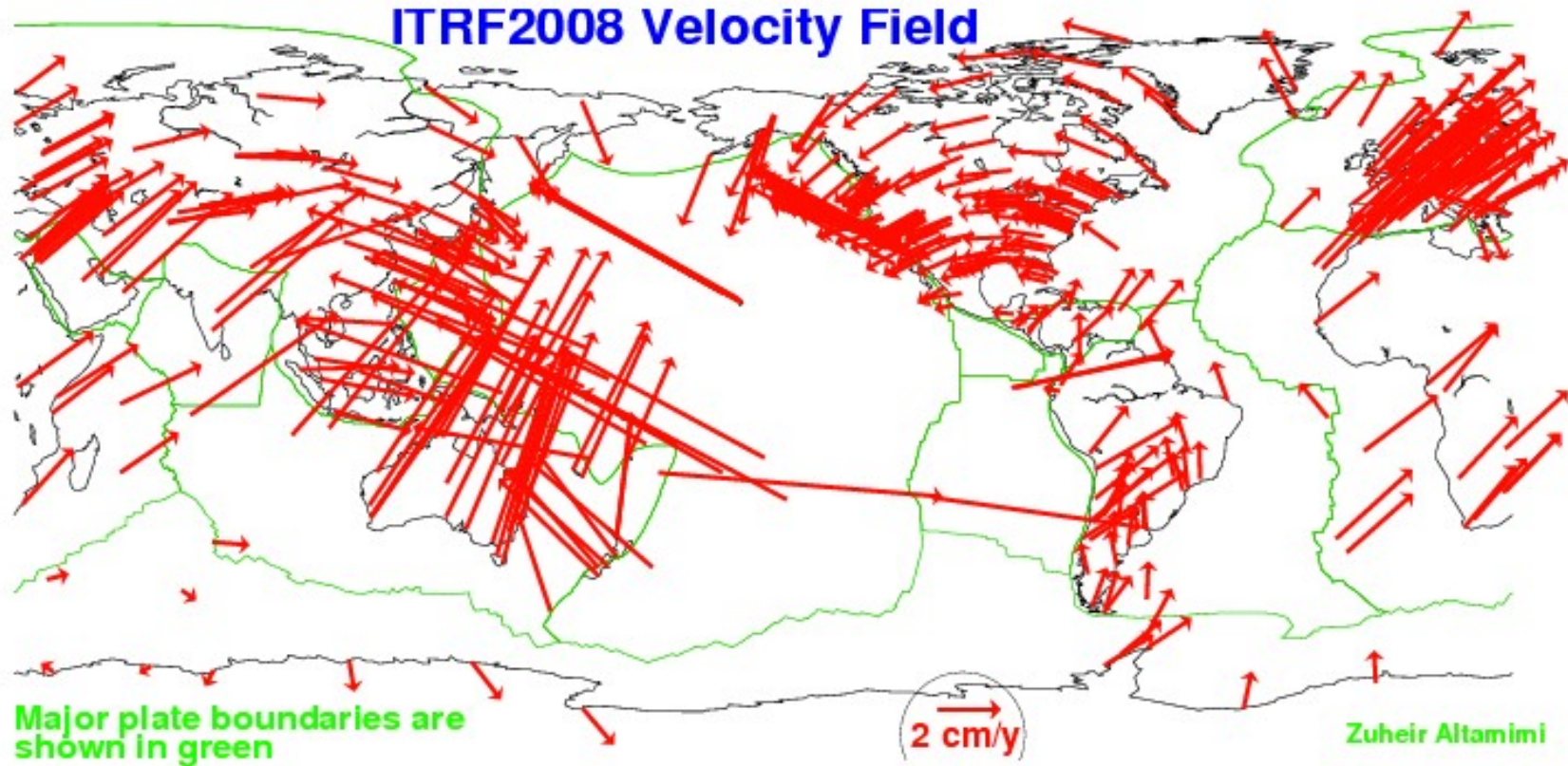
- Actualización de ITRF2000.
- La solución se basa en prácticamente los mismos lugares pero incluye nuevas estaciones como mareógrafos y puntos de control

*ITRF2008

- Actualización de ITRF2005
- 579 sitios / 920 estaciones

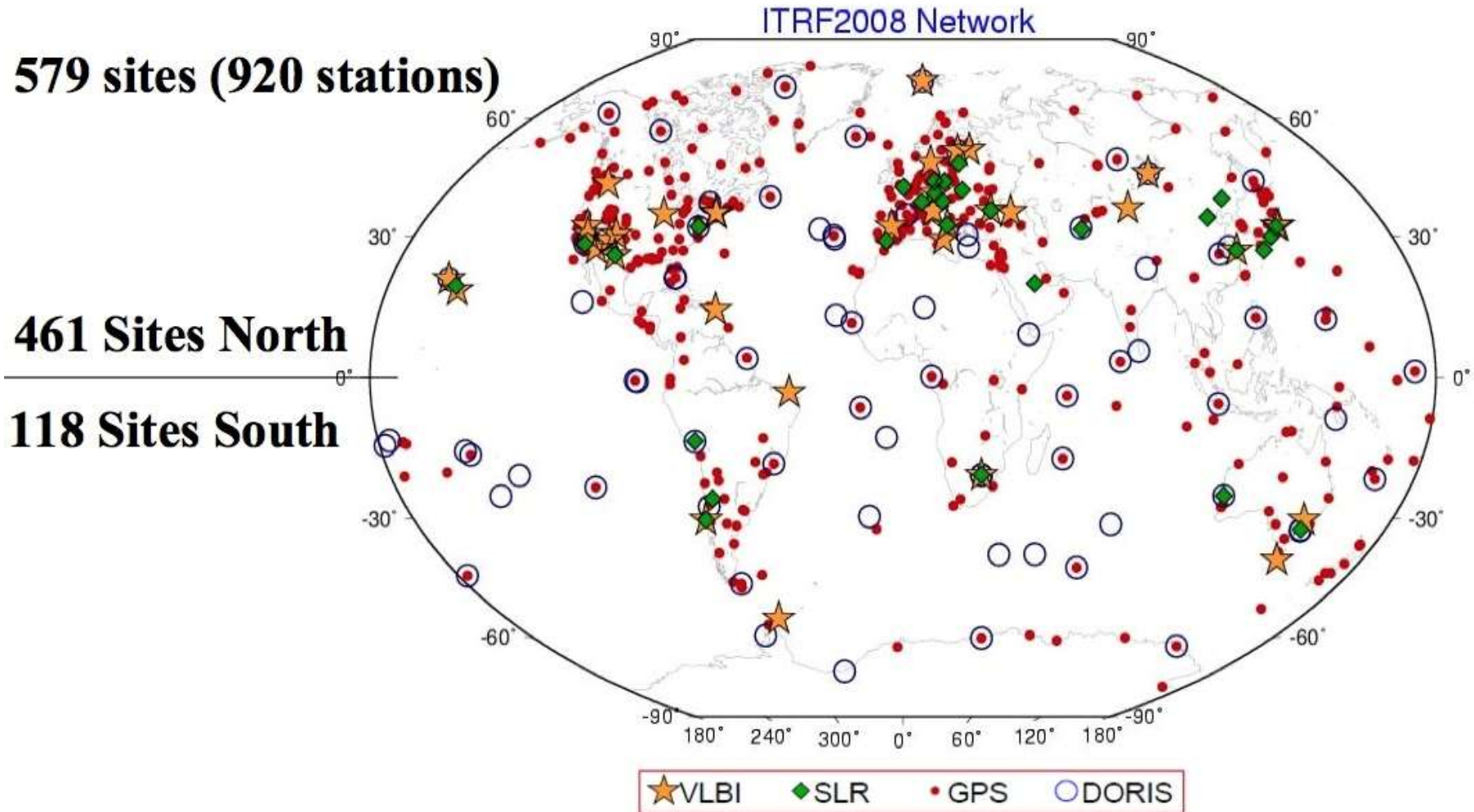
Consolidación del marco de referencia internacional (ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

El Sistema de Referencia Terrestre del IERS



Consolidación del marco de referencia internacional (ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

El Sistema de Referencia Terrestre del IERS



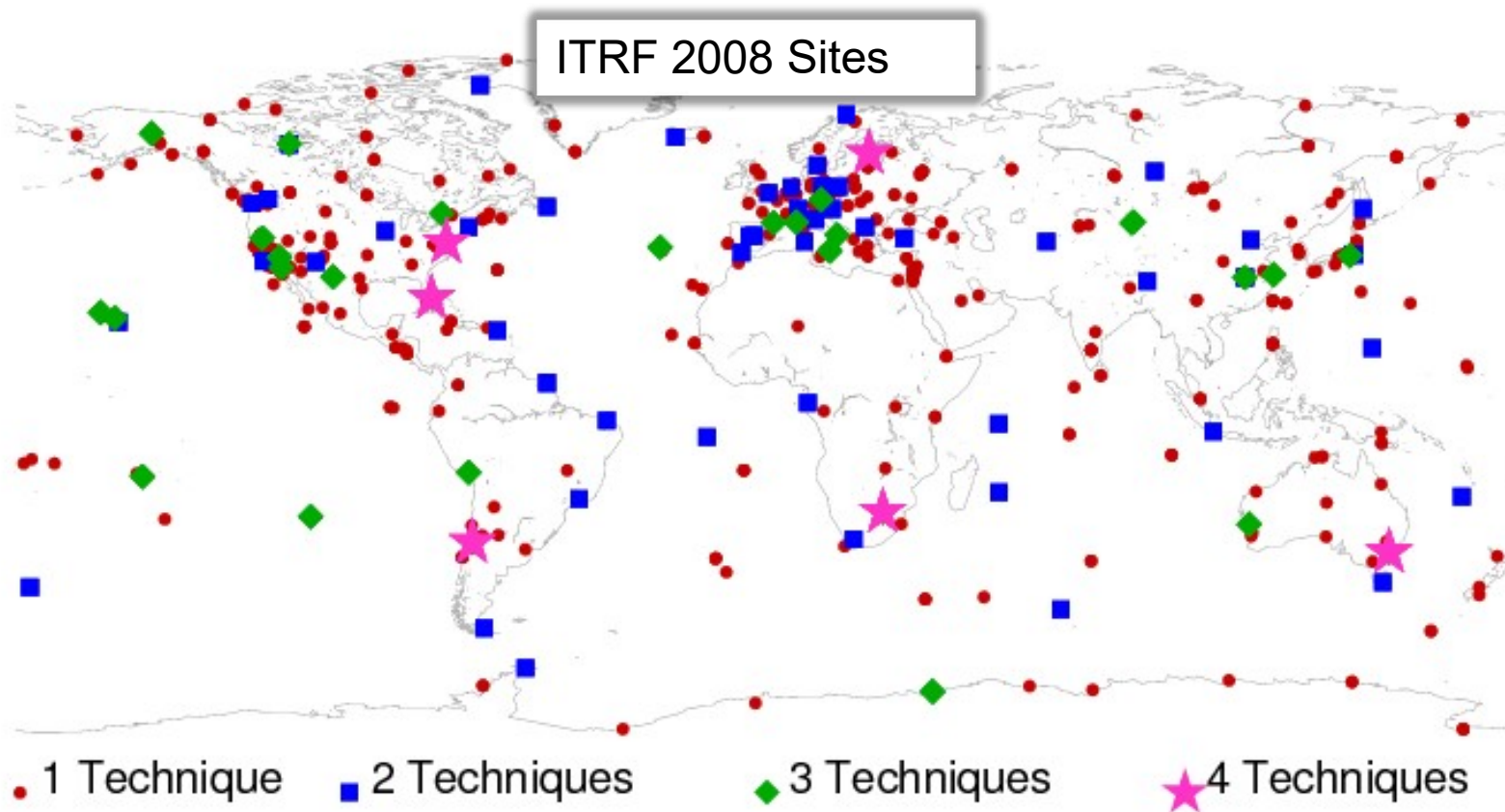
Consolidación del marco de referencia internacional (ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

El Sistema de Referencia Terrestre del IERS

ITRF2008		STATION POSITIONS AT EPOCH GPS STATIONS			2005.0		VELOCITIES		
DOMES NB.	SITE NAME	TECH. ID.	X/vx	Y/vy	Z/vz	sigmas			
			-----			-----			
			m/m/y						
100015006	PARIS	GPS OPMT	4202777.434	171367.913	4778660.147	0.005	0.002	0.006	
100015006			-.0118	0.0170	0.0111	.0011	.0004	.0012	
10002M006	GRASSE	GPS GRAS	4581690.969	556114.738	4389360.731	0.001	0.000	0.001	
10002M006			-.0139	0.0186	0.0116	.0001	.0001	.0001	
10002M006	GRASSE	GPS GRAS	4581690.975	556114.741	4389360.734	0.001	0.000	0.001	
10002M006			-.0139	0.0186	0.0116	.0001	.0001	.0001	
10002M006	GRASSE	GPS GRAS	4581690.974	556114.744	4389360.739	0.001	0.001	0.001	
10002M006			-.0139	0.0186	0.0116	.0001	.0001	.0001	
10003M004	TOULOUSE	GPS TOUL	4627846.086	119629.236	4372999.754	0.001	0.000	0.001	
10003M004			-.0111	0.0191	0.0117	.0003	.0001	.0003	
10003M009	TOULOUSE	GPS TLSE	4627851.889	119639.921	4372993.492	0.001	0.001	0.001	
10003M009			-.0111	0.0191	0.0117	.0003	.0001	.0003	
10004M004	BREST	GPS BRST	4231162.638	-332746.764	4745130.859	0.004	0.001	0.004	
10004M004			-.0111	0.0162	0.0134	.0009	.0003	.0009	
10023M001	La Rochelle	GPS LROC	4424632.623	-94175.321	4577544.022	0.003	0.001	0.003	
10023M001			-.0106	0.0183	0.0123	.0006	.0002	.0006	
10090M001	SAINT JEAN DES	GPS SJDV	4433469.919	362672.729	4556211.652	0.002	0.001	0.002	
10090M001			-.0118	0.0186	0.0121	.0008	.0002	.0008	
10090M001	SAINT JEAN DES	GPS SJDV	4433469.921	362672.729	4556211.656	0.001	0.000	0.001	
10090M001			-.0118	0.0186	0.0121	.0008	.0002	.0008	
10202M001	REYKJAVIK	GPS REYK	2587384.422	-1043033.508	5716563.995	0.001	0.000	0.001	
10202M001			-.0216	-.0028	0.0059	.0001	.0001	.0002	
10202M001	REYKJAVIK	GPS REYK	2587384.410	-1043033.501	5716563.980	0.006	0.003	0.012	
10202M001			-.0216	-.0028	0.0059	.0001	.0001	.0002	
10202M001	REYKJAVIK	GPS REYK	2587384.415	-1043033.509	5716564.003	0.001	0.000	0.001	
10202M001			-.0216	-.0028	0.0059	.0001	.0001	.0002	
10202M003	REYKJAVIK	GPS REYZ	2587383.736	-1043032.722	5716564.472	0.001	0.001	0.001	
10202M003			-.0216	-.0028	0.0059	.0001	.0001	.0002	
10204M002	HOFN	GPS HOFN	2679689.983	-727951.292	5722789.189	0.001	0.000	0.001	
10204M002			-.0046	0.0144	0.0177	.0001	.0001	.0003	
10204M002	HOFN	GPS HOFN	2679690.003	-727951.297	5722789.221	0.001	0.000	0.001	
10204M002			-.0046	0.0144	0.0177	.0001	.0001	.0003	
10302M003	TROMSO	GPS TROM	2102940.284	721569.413	5958192.133	0.000	0.000	0.001	
10302M003			-.0176	0.0090	0.0076	.0001	.0001	.0001	

El Sistema de Referencia Terrestre en la Región

ITRF \Rightarrow SIRGAS

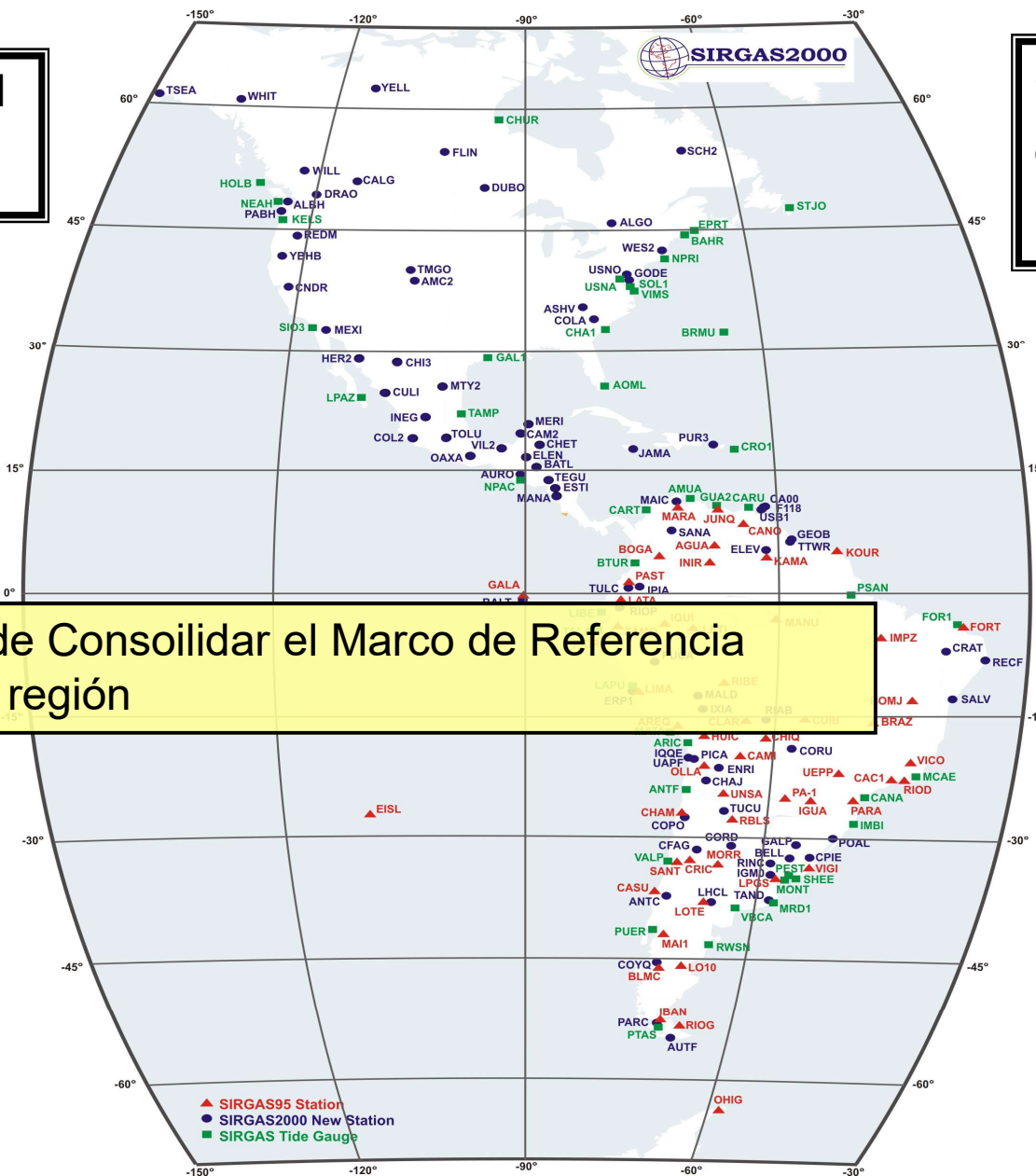


El Sistema de Referencia Terrestre en la Región

ITRF \Rightarrow SIRGAS

SIRGAS-CON
~ 160 Est P.

SIRGAS2000
época 2000.4
184 estaciones



Es la manera de Consolidar el Marco de Referencia Terrestre en la región

El Sistema de Referencia Terrestre en la Región

ITRF \Rightarrow SIRGAS \Rightarrow Marco Nacional

POSGAR94
(Oficial)

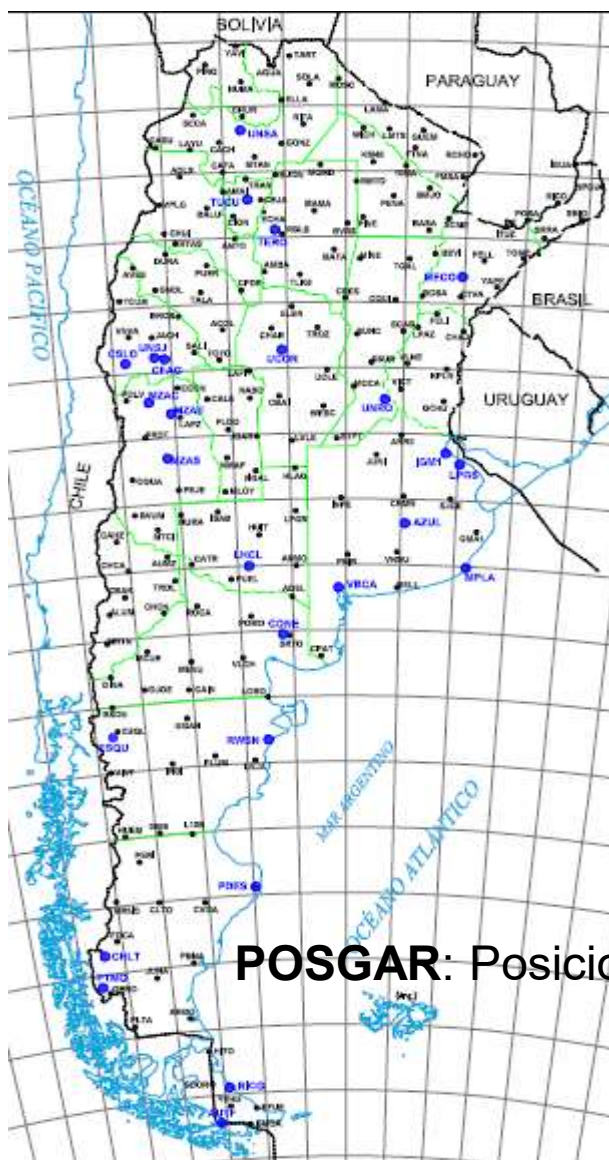
~ 130 puntos

ITRF92 (WGS84), ép
1993.8

POSGAR98

SIRGAS, ép 1995.4

(***)



POSGAR2007

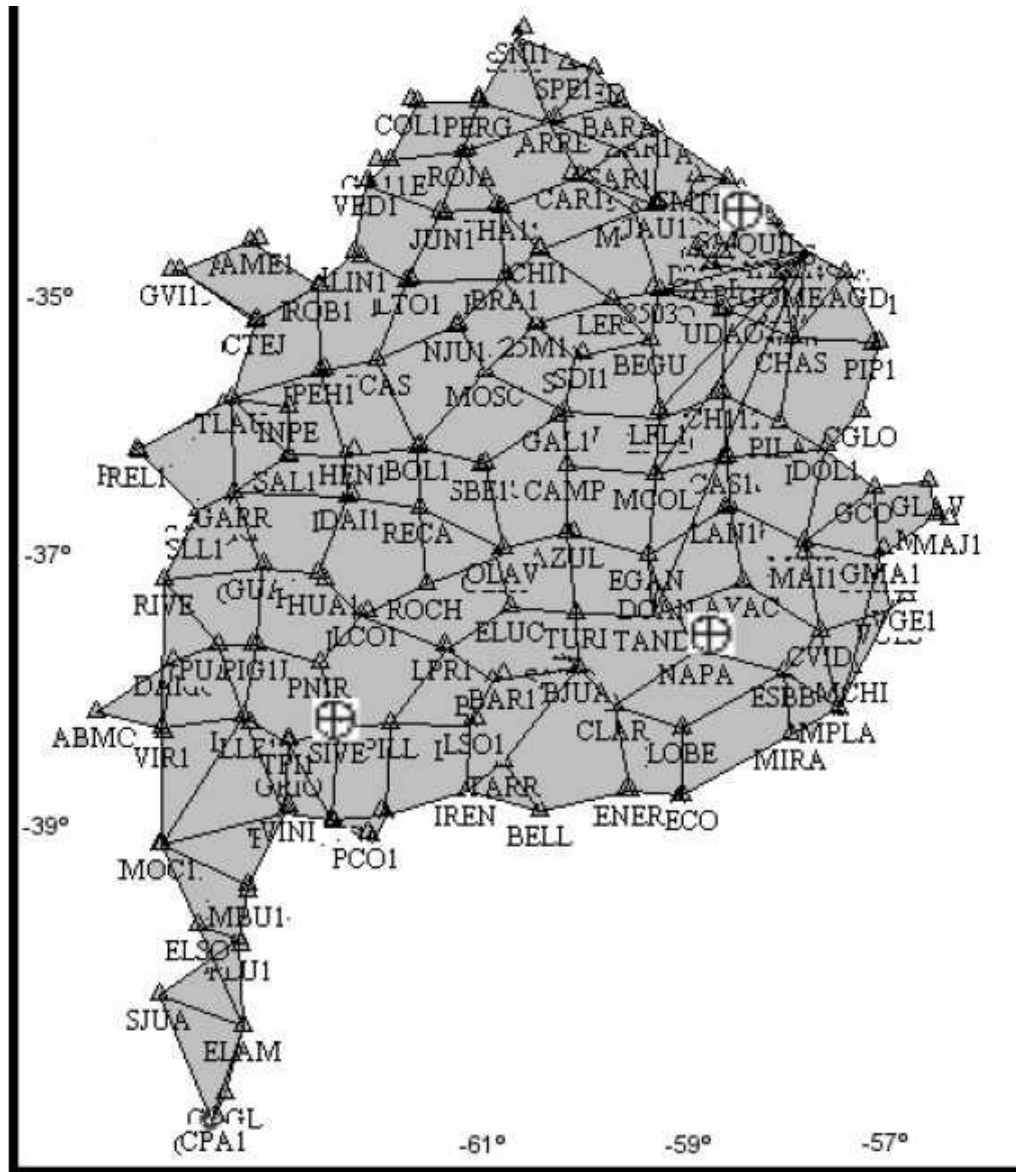
205 puntos

(26 EPs)

**Nuevas observaciones
y ajustado
a SIRGAS**

POSGAR: Posiciones Geodésicas Argentinas

Red Geodésica de la Pcia de Bs As



Posiciones Geodésicas Argentinas 2007

[Introducción](#) | [Red POSGAR 2007](#) | [Red PASMA](#) | [Redes Geodésicas Provinciales](#)



POSGAR 07 ha sido adoptado por disposición del Director del Instituto Geográfico Nacional el 15 de mayo de 2009 como el nuevo "Marco de Referencia Geodésico Nacional" y reemplaza al hasta entonces vigente POSGAR 94.

Basado en ITRF 05 Época 2006.632 constituye la materialización sobre el territorio nacional del más moderno sistema de referencia a nivel mundial compatible con el marco regional SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas) y responde a los más estrictos estándares de precisión y ajuste en vigencia.

Incorpora las más importantes redes geodésicas en uso asegurando parámetros de transformación entre las mismas y la nueva definición a fin de facilitar una georreferenciación unívoca en toda la República Argentina.


Utilizando como red de Orden cero al conjunto de estaciones permanentes GNSS de la Red RAMSAC (Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo) permite aprovechar íntegramente los datos de las mismas aplicados a la nueva realización y define



Consolidación del marco de referencia internacional (ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

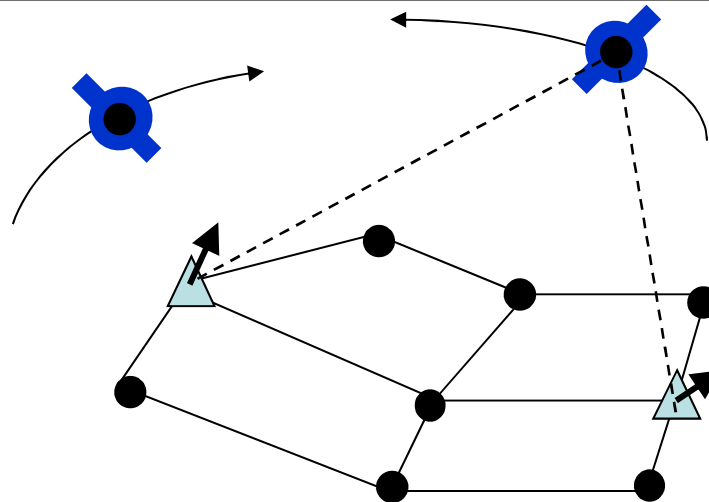
Los Sistemas de Referencia en la práctica

*Consideremos una red de estaciones observadas con GPS en la época T_{obs} (2014.35)

*Para poder procesar correctamente y referir nuestros resultados se utilizan algunos puntos de coordenadas conocidas (ej. P2007, ép 2006.63): 

*Las órbitas de los satélites estarán expresadas en ITRF2008, época 2014.35 (ép de las obs). Las efemérides transmitidas se dan en WGS84 que es prácticamente ITRF y las precisas en ITRF.

Las coordenadas de las estaciones deben estar en el mismo sistema de referencia (y época) que las posiciones de los satélites !!!



Diferentes situaciones que dependerán del tamaño de la Red y las condiciones geodinámicas ...

Consolidación del marco de referencia internacional (ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

Los Sistemas de Referencia en la práctica

Procedimiento para el cálculo de las nuevas coordenadas:

1* Transformar las coordenadas de empalme al sistema de referencia y época de las órbitas

(ITRF)

Publicadas

o ITRF \equiv SIRGAS \equiv POSGAR2007 (***)

$$X(\text{ITRF}, 2014.35) = X(\text{P2007}, 2006.63) + V_x \cdot (2014.35 - 2006.63)$$

2* En estas condiciones realizar el procesamiento

De algún modelo ...

denadas

3* Para obtener las coordenadas de los nuevos puntos en POSGAR07 (2006.63):

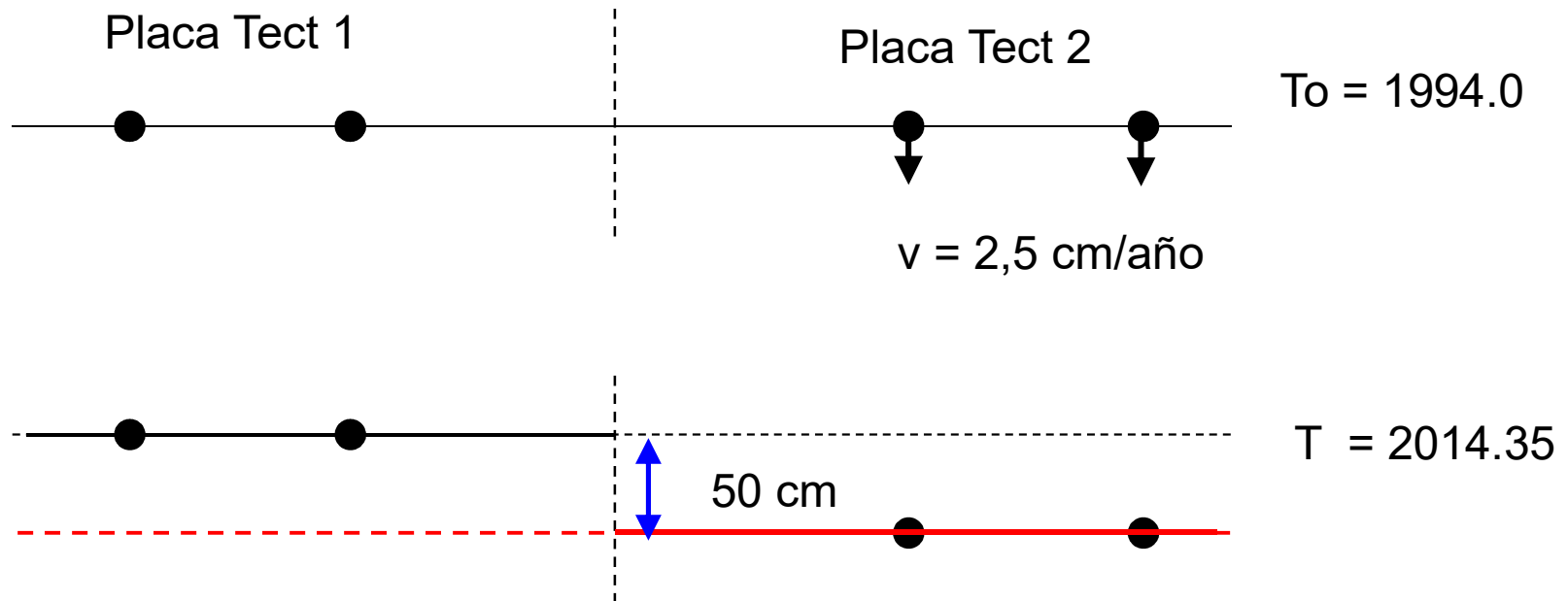
$$X(\text{POSGAR}, 2006.63) = X(\text{POSGAR}, 2014.35) - V_x \cdot (2014.35 - 2006.63)$$

V : existen **modelos de velocidades** a nivel global y regional que permiten estimar los valores de la velocidad en cada punto.

Consolidación del marco de referencia internacional
(ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

Los Sistemas de Referencia en la práctica

*Un caso posible ...



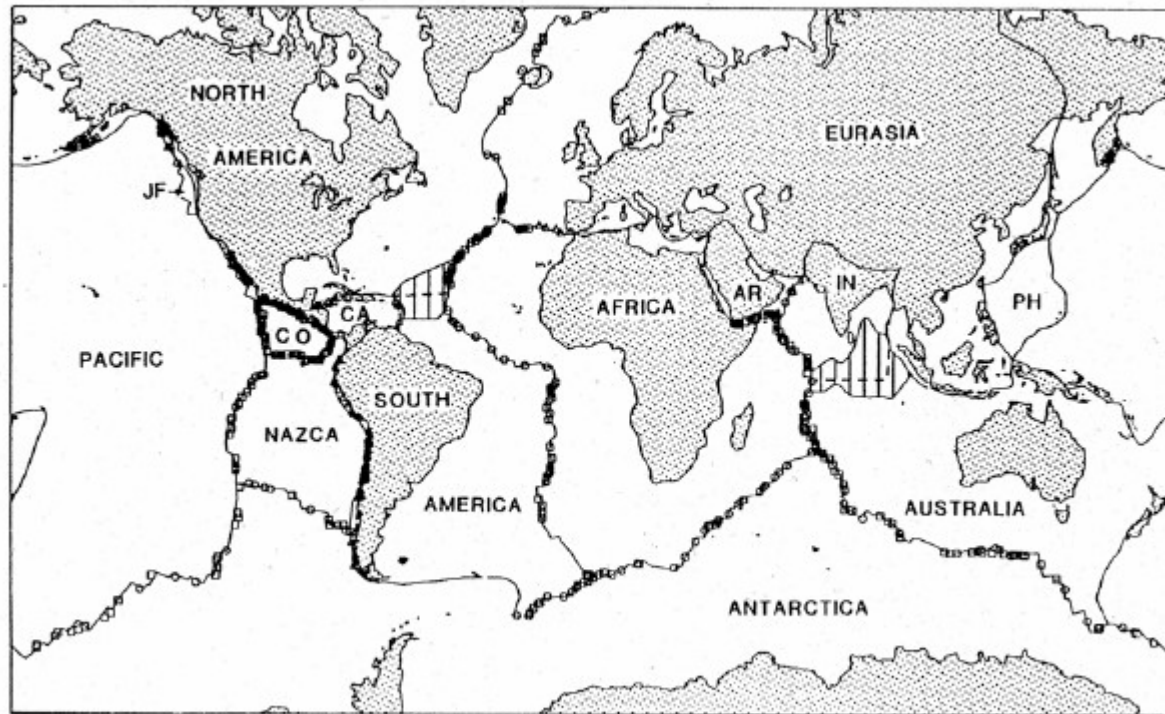
Si no consideramos correctamente las velocidades (al menos las relativas), la obra lineal sufrirá un desplazamiento !!!

Consolidación del marco de referencia internacional (ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

Modelos de velocidades

1)* Existen modelos basados en información geológica y geofísica, como el NNR-Nuvel-1A (No Net Rotation Northwestern University VELOCITY Model, DeMets et al., 1994).

Observaciones del modelo de la tectónica de placas NUVEL-1 (DeMets et al. 1990)



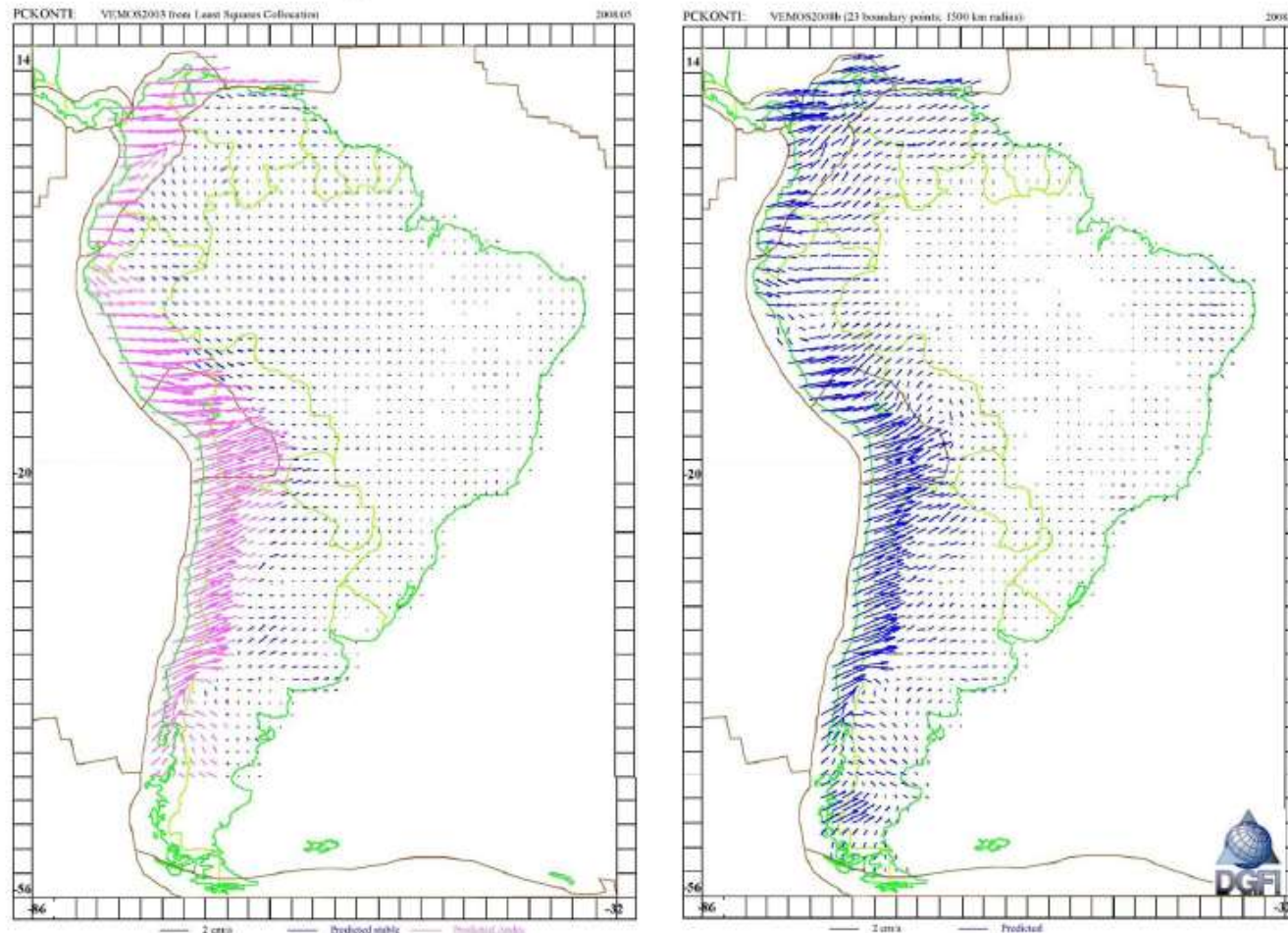
(277 extensiones, 121 azimutes de fallas, 724 azimutes de movimientos = 1122 en total)

Consolidación del marco de referencia internacional (ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

Modelos de velocidades

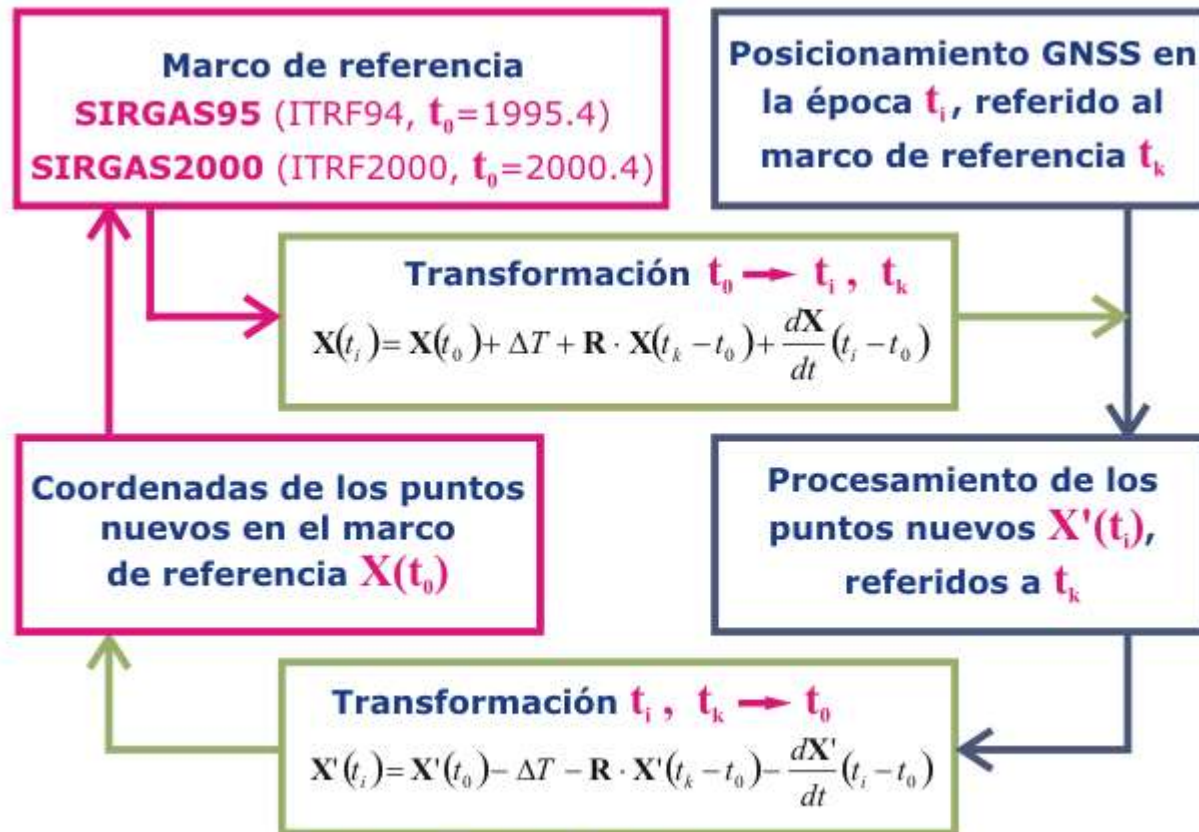
2)* Otros modelos son de tipo Geodésico. Se basan en determinaciones actuales de velocidades a partir coordenadas calculadas con técnicas espaciales (VEMOS y APKIM 2000)

Velocity Fields VEMOS 2003 and 2008



Consolidación del marco de referencia internacional (ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

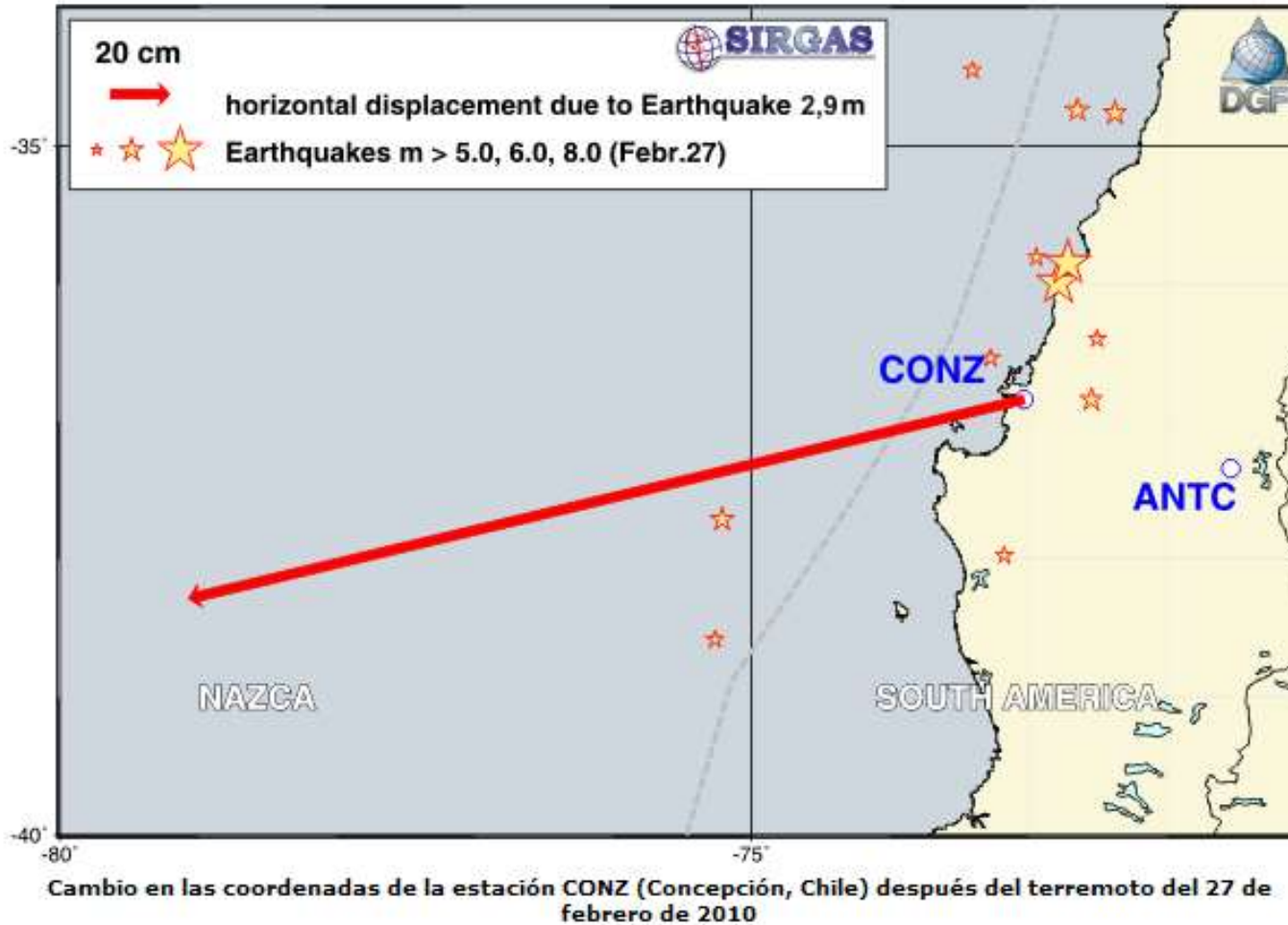
Modelos de velocidades



Procesamiento de datos GNSS incluyendo velocidades de las estaciones y parámetros de transformación entre diferentes marcos de referencia.

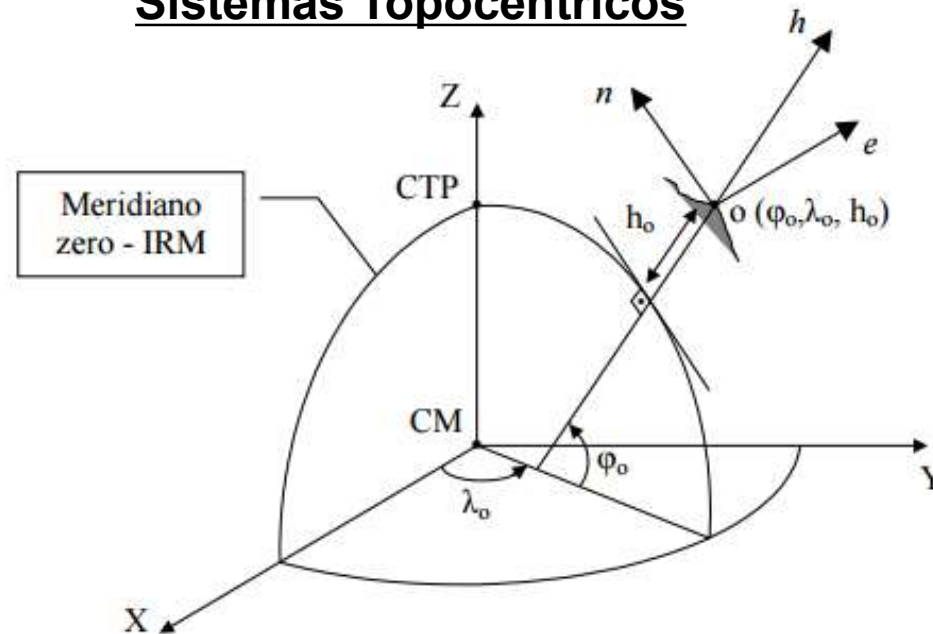
Consolidación del marco de referencia internacional (ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

Modelos de velocidades



Consolidación del marco de referencia internacional
(ITRF) - Concepto de geodesia 4D.

Sistemas Topocéntricos



$$\begin{bmatrix} e \\ n \\ h \end{bmatrix} = R_1(90^\circ - \varphi_o) \cdot R_3(90^\circ + \lambda_o) \cdot \begin{bmatrix} X - X_o \\ Y - Y_o \\ Z - Z_o \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} e \\ n \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\text{sen } \lambda_o & \text{cos } \lambda_o & 0 \\ -\text{sen } \varphi_o \cdot \text{cos } \lambda_o & -\text{sen } \varphi_o \cdot \text{sen } \lambda_o & \text{cos } \varphi_o \\ \text{cos } \varphi_o \cdot \text{cos } \lambda_o & \text{cos } \varphi_o \cdot \text{sen } \lambda_o & \text{sen } \varphi_o \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X - X_o \\ Y - Y_o \\ Z - Z_o \end{bmatrix}$$