

La realización actual del sistema de referencia global: El marco de referencia ITRF2008

Hermann Drewes, Manuela Seitz, Detlef Angermann



Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut (DGFI)

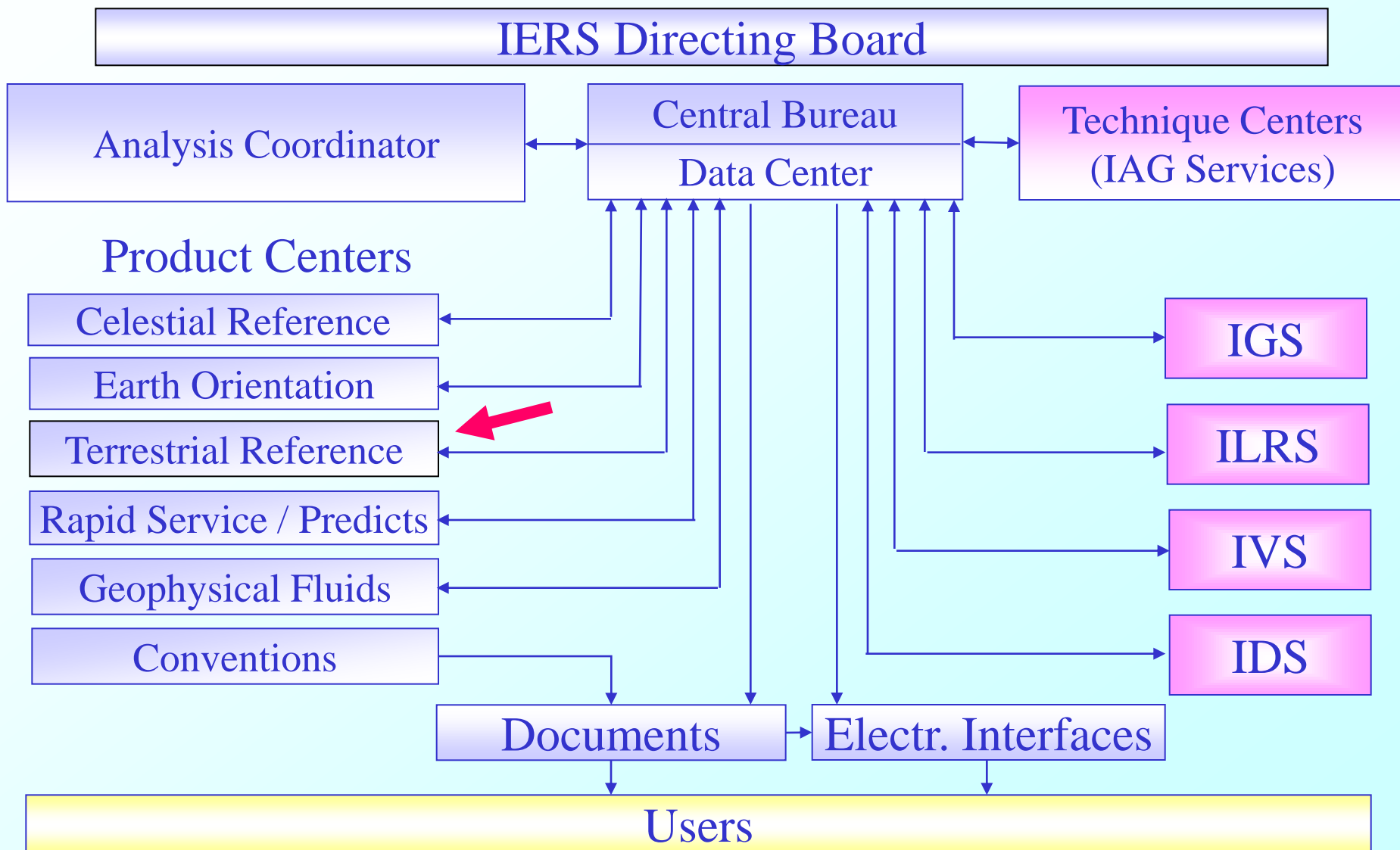


ITRS Combination Centre of the International Earth
Rotation and Reference Systems Service (IERS)



Reunión SIRGAS, Lima, Perú, 11-12 de noviembre de 2010

International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS)



Realizaciones ITRF

Hasta 2000: Combinación de soluciones individuales (casuales),
 desde 2005: Combinación de soluciones de los servicios de IAG

| | Estaciones | Sol.: VLBI | SLR | GPS | DORIS | Total |
|----------|------------|------------|-----|--------|-------|-------|
| ITRF 88 | 120 | 5 | 6 | - | - | 11 |
| ITRF 89 | 113 | 6 | 8 | - | - | 14 |
| ITRF 90 | 120 | 4 | 7 | - | - | 11 |
| ITRF 91 | 131 | 5 | 7 | 1 | - | 13 |
| ITRF 92 | 155 | 5 | 6 | 6 | - | 17 |
| ITRF 93 | 160 | 6 | 4 | 5 | - | 15 |
| ITRF 94 | 209 | 6 | 1 | 5 | 3 | 15 |
| ITRF 96 | 290 | 4 | 2 | 7 | 3 | 16 |
| ITRF 97 | 309 | 4 | 5 | 6 | 3 | 18 |
| ITRF2000 | 477 | 3 | 9 | 6 + 8* | 3 | 21+8* |
| ITRF2005 | 338 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| ITRF2008 | 578 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |

* densificaciones regionales



Solución ITRF2008

Datos: Soluciones semanales o sesiones de 24 horas (VLBI), una por cada servicio (IGS, ILRS, IVS, IDS) con posiciones de estaciones (X, Y, Z) y parámetros de orientación terrestre (EOP: X_{polo} , Y_{polo} , UT1, LOD).

Preferiblemente ecuaciones normales libres de dátum, alternativamente soluciones con condiciones suaves (± 1 m).

Cálculo: Dos centros de procesamiento (IGN Paris, DGFI Munich) con métodos diferentes, pero estrategia igual:

- combinación multianual interna de las técnicas,
- combinación de las soluciones de las técnicas.

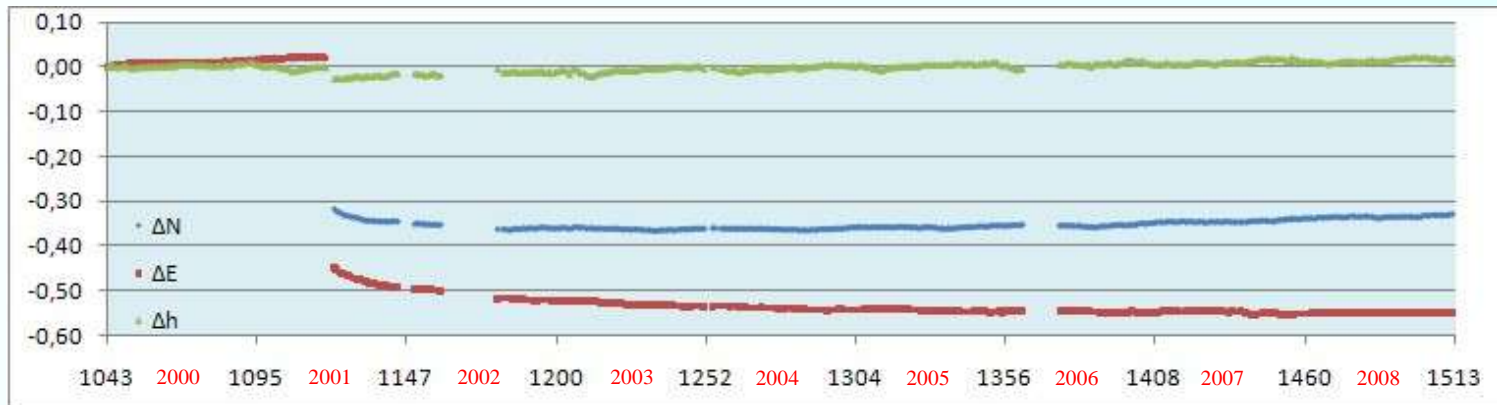
Resultado: Una solución final por decisión del „Product Center“ (IGN) adoptada en mayo de 2010.

Datos de entrada: X, Y, Z, X_P, Y_P, UT1 / LOD

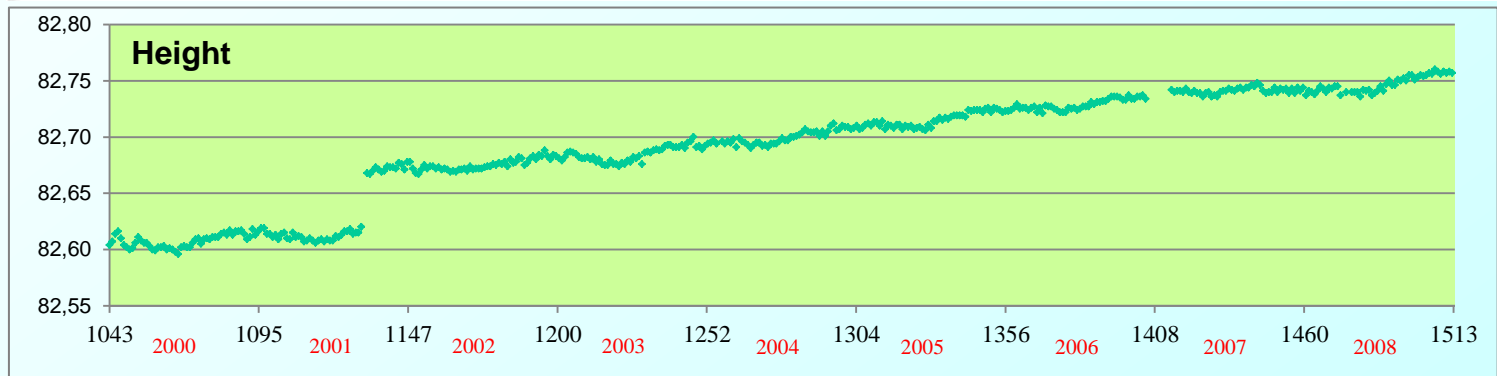
| Técnica | Servicio Centro de análisis | Datos: Épocas, series semanales | Intervalo |
|----------------|---|---|------------------|
| GPS | IGS AC NRC Ottawa | Soluciones semanales (LOD) | 1997 - 2008 |
| SLR | ILRS CC ASI Matera | Soluciones semanales (LOD) | 1983 - 2008 |
| VLBI | IVS CC GIUB Bonn | Sesiones 24 h, ecu. normales libres | 1980 - 2008 |
| DORIS | IDS CC CLS Toulouse | Soluciones semanales (LOD) | 1993 - 2008 |
| Total | ~1500 ocupaciones ~ 920 puntos 578 estaciones | ~4500 Soluciones con EOP diarias (UT1 solo de VLBI) | 1980 - 2008 |

Análisis de las series

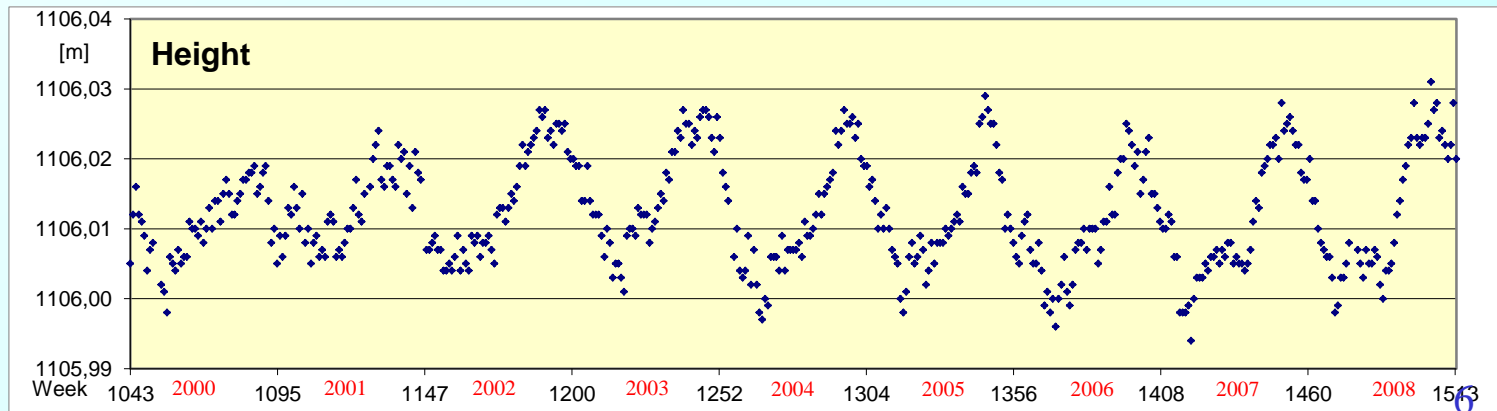
Ejemplo:
terremoto
Arequipa,
Peru 2001



Ejemplo:
cambio de
la antena,
Høfn 2001



Ejemplo:
Variación
anual
Brasilia



Análisis de las ecuaciones normales

- Las ecuaciones normales no deben tener condiciones del datum (ecuaciones normales „libres”, defecto de datum 7).
- Un datum fijado en diferentes semanas refiere las coordenadas a diferentes orígenes, orientaciones y escalas, las cuales no se pueden combinar.
- Se analizaron todos los datos de entrada al respecto. Resultado:
 - GPS (IGS) no tiene defecto (todos los parámetros fijos),
 - SLR (ILRS) tiene defecto 3 (3 traslaciones y escala fija),
 - VLBI (IVS) defecto 6 (escala fija),
 - DORIS (IDS) no tiene defecto (todos los parámetros fijos).
- Si el defecto no es siete, hay que “liberar” el datum, es decir hay que introducir columnas y filas en las ecuaciones normales para los parámetros del datum que se quieren libres (ver más tarde).

Método de combinación

GPS

SLR

VLBI

DORIS

ecu semana 1
ecu semana 2
ecu semana n
...

ecu semana 1
ecu semana 2
ecu semana n
...

ecu semana 1
ecu semana 2
ecu semana n
...

ecu semana 1
ecu semana 2
ecu semana n
...

Acumulación de ecuaciones normales de los series

Multi anual
 \underline{X} , \underline{v} , \underline{EOP}

Multi anual
 \underline{X} , \underline{v} , \underline{EOP}

Multi anual
 \underline{X} , \underline{v} , \underline{EOP}

Multi anual
 \underline{X} , \underline{v} , \underline{EOP}

Acumulación de ecu. Normales, conexiones locales, fijar el datum

ITRF2008: posiciones, velocidades y EOP

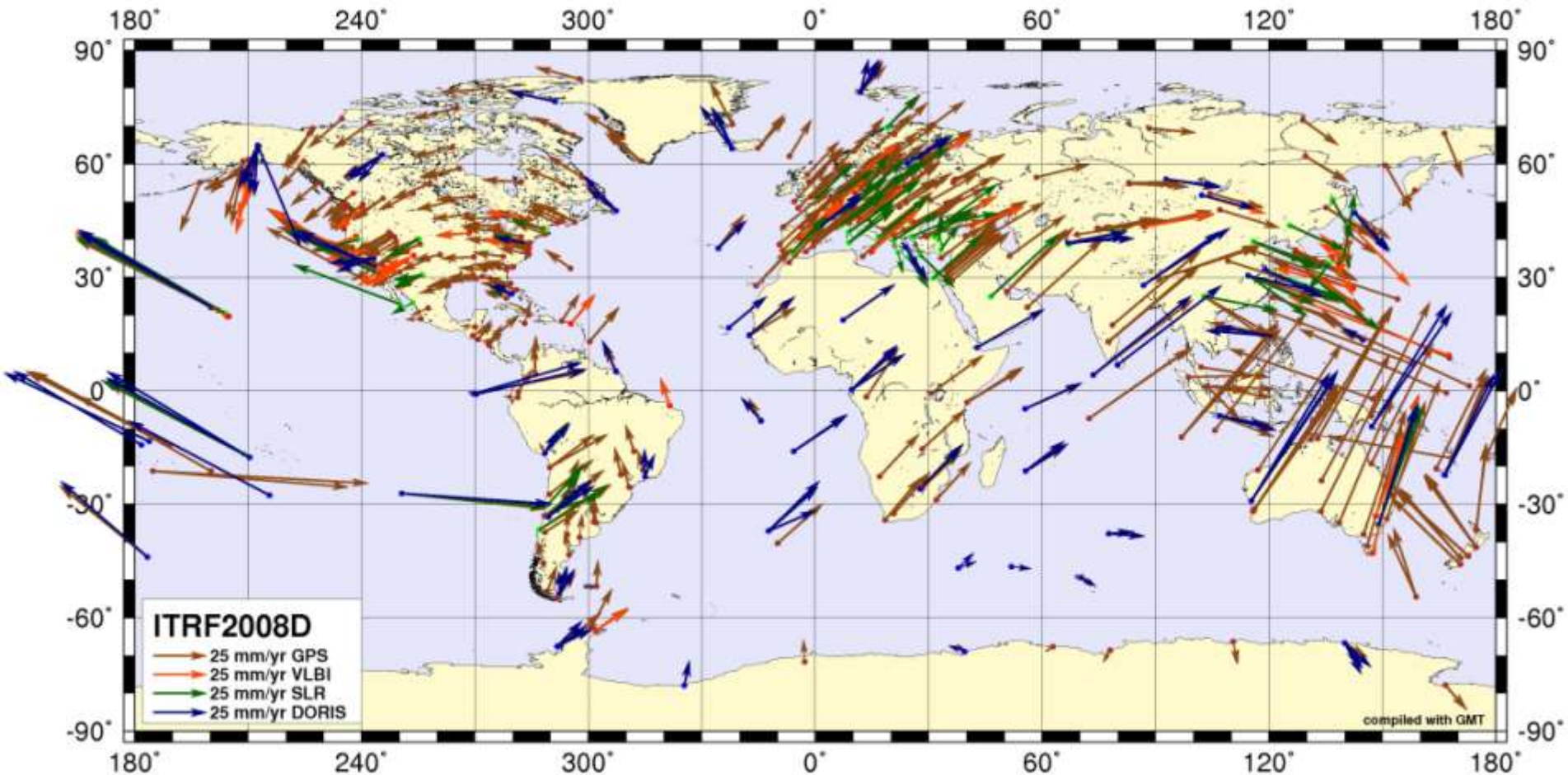
Conexiones locales („local ties“)

- Para combinar las diferentes técnicas se necesitan conexiones (diferencias de coordenadas) entre sus puntos de referencia.
- Conseguirlas es difícil, porque la definición y realización de los puntos de referencia (centros de fase, etc.) no es fácil.
- La confiabilidad de las mediciones locales se presenta en
 - comparación con las diferencias de coordenadas estimadas
 - comparación de las velocidades de las técnicas diferentes
 - comparación de los EOP de las técnicas diferentes (global tie)
- Se compararon los parámetros obtenidos según estos criterios utilizando diferentes estaciones de colocación y se escogió la selección de conexiones locales que resultó en las discrepancias mínimas (con el criterio EOP solo en DGFI).

Introducción del datum

- Las „soluciones“ de entrada deberían ser ecuaciones normales libres de datum. Pero en realidad no tienen el defecto de rango 7, sino, parcialmente, se fijan algunos parámetros.
- En la combinación se introducen los parámetros que faltan.
- El datum del ITRF2008 se fija en la época 2005.0 por medio de
 - 3 traslaciones por SLR: origen de coordenadas = geocentro,
 - 3 rotaciones por ITRF2005: orientación en el BIH1984,
 - 1 escala por SLR y VLBI: velocidad de la luz c ,
 - 3 velocidades de traslación por SLR (origen = geocentro),
 - 3 velocidades de rotación (con EOP) por condición NNR:
Modelo geofísico NNR NUVEL-1a (IGN),
Modelo geodésico APKIM (DGFI);
 - 1 deriva de la escala por SLR y VLBI (IGN, ver arriba).

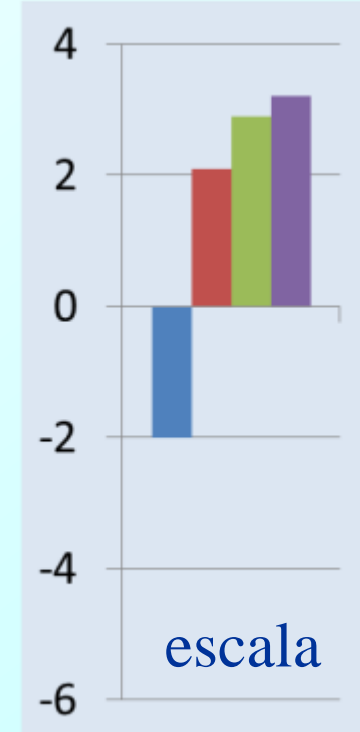
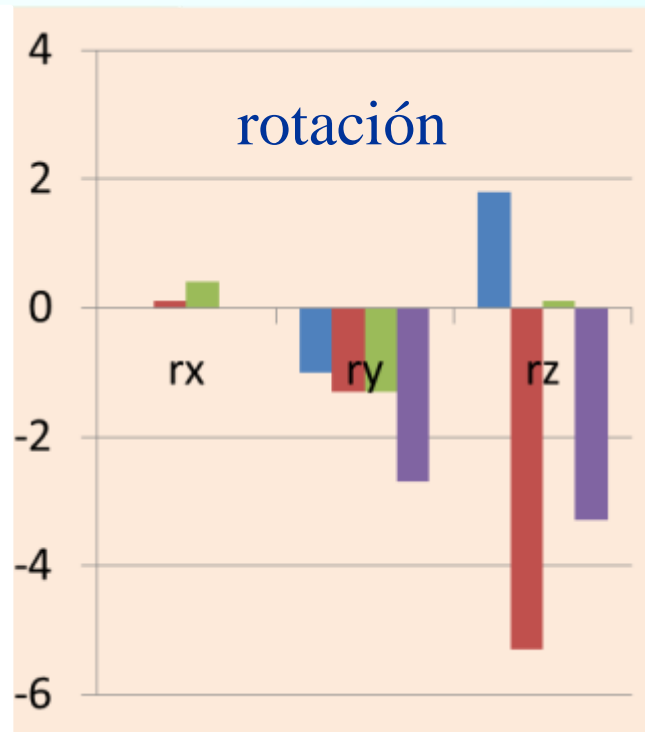
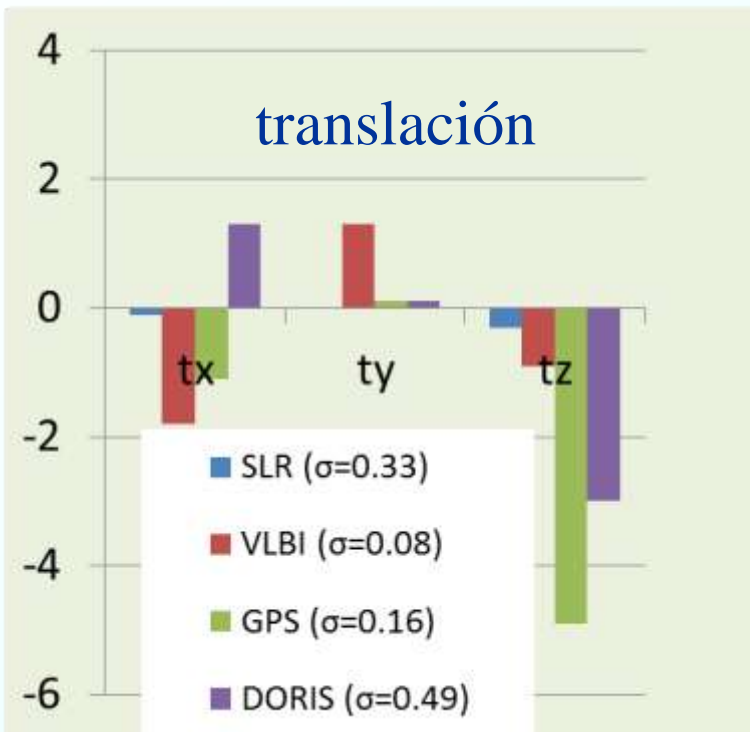
Velocidades del ITRF2008



Diferentes velocidades en el mismo sitio para diferentes períodos!

Precisión del ITRF2008

Comparación de ITRF2008 IGN y DGFI en época 2000.0 [mm]



Diferencias del datum llegan a **5.2 mm** (GPS: tz; VLBI: rz).

Diferencias entre las técnicas parcialmente mayor (rz y escala)!

Consistencia de soluciones no es mejor que 5-7 mm (tz, rz, escala)

Comparación ITRF2005 - ITRF2008

| SLR(ITRF05-S) | dtx | dty | dtz | drx | dry | drz | dsc | RMS |
|---------------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| pos [mm] | 0.4 | -1.4 | 1.8 | -1.1 | 2.0 | 2.5 | 1.9 | 2.6 |
| vel [mm/a] | 0.2 | -0.2 | 0.4 | -0.1 | 0.4 | 0.6 | 0.3 | 0.8 |

| VLBI | dtx | dty | dtz | drx | dry | drz | dsc | RMS |
|------------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|
| pos [mm] | -0.6 | 4.3 | -0.4 | 0.5 | 1.6 | -3.4 | -2.9 | 1.8 |
| vel [mm/a] | -0.8 | 0.0 | -0.1 | -0.1 | 0.5 | 0.1 | 0.4 | 0.3 |

| GPS (IGS05) | dtx | dty | dtz | drx | dry | drz | dsc | RMS |
|-------------|------|-----|-----|-----|------|------|------|-----|
| pos [mm] | 1.8 | 0.7 | 6.0 | 0.0 | 1.3 | -0.3 | -7.4 | 3.0 |
| vel [mm/a] | -0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.4 |

| DORIS | dtx | dty | dtz | drx | dry | drz | dsc | RMS |
|------------|------|-----|-----|-----|------|------|------|-----|
| pos [mm] | 0.8 | 1.3 | 2.1 | 2.5 | -1.1 | 4.5 | -7.3 | 5.9 |
| vel [mm/a] | -0.4 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | -0.4 | -0.2 | -1.2 | 1.0 |

Uso del ITRF2008

- ITRF da coordenadas de puntos de medición en estaciones globales y sus variaciones lineales en el tiempo (velocidades) en formato SINEX.
- Los puntos tienen identificación detallada: CO PT DO TE DE SO

CO = código del sitio (4 caracteres), p.ej. AREQ

PT = código del punto en el observatorio, p.ej. A

DO = identificación del punto: iinnrjjj (p.ej. 42202M003)

iii = número del país, p.ej. Perú = 422, nn = número del punto,

r = referencia (monumento, intersección), jjj = no. de ocupación

TE = técnica de observación: D = DORIS, L = SLR, P = GPS, R = VLBI

DE = descripción de la estación (21 caracteres), p.ej. Arequipa TLRS-3

SO = número de solución de coordenadas para el punto, p.ej. 0001,

en una sección del SINEX se define el período de ocupación.

- Hay que verificar cuidadosamente que se tomen las coordenadas y velocidades válidas para el período requerido.
- Las coordenadas de la época de medición se calculan de la época de referencia y las velocidades.

Uso del ITRF2008

