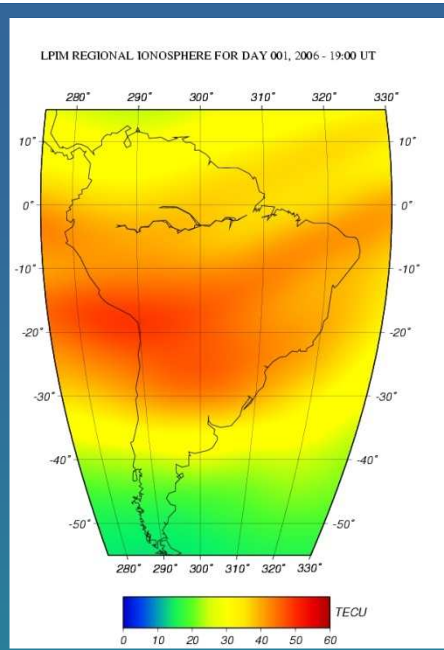


MODULO 4

Ajuste de Redes y análisis de precisión

Dra. M. Virginia Mackern Oberti

$$l_i = F_i\left(x_{1,} y_1, x_{2,} y_2, \ldots\ldots\right)$$

$$l_{i_{ajust}} = l_{i_{aprox}} + dl_i = l_{i_{observ}} + v_i$$

es la iésima ecuación de observación

$l_{i_{ajust}}$: observación ajustada o compensada

$l_{i_{aprox}}$: valor aproximado de la observación (calculado con las coordenadas aproximadas)

dl_i : corrección al valor aproximado

$l_{i_{observ}}$: lado o ángulo observado

v_i : corrección a las observaciones

Si llamamos $\left(x_1^0, y_1^0\right), \left(x_2^0, y_2^0\right), \ldots . \left(x_k^0, y_k^0\right)$

a los valores aproximados de las coordenadas de los puntos nuevos, tendremos

$$l_{i_{aprox}} = F_i^{\,0}\left(x_1^0, y_1^0, x_2^0, y_2^0, \ldots . . x_k^0, y_k^0 .\right)$$

Si (dx_i, dy_i) son las correcciones diferenciales, a las coordenadas aproximadas, son también las incógnitas .

$$l_{i_{ajust}} = F_i^0\left(x_1^0 + dx_1, y_1^0 + dy_1, x_2^0 + dx_2, y_2^0 + dy_2, \ldots . . x_k^0 + dx_{k_1}, y_k^0 + dy_k .\right)$$

Donde $x_i = x_i^0 + dx_i$

x_i : coordenada definitiva o compensada

x^0_i : coordenada aproximada

dx_i : corrección

Linealizando por desarrollo en Series de Taylor

$$l_{i_{ajust}} = F_i\left(x_1^0, y_1^0, x_2^0, y_2^0, \ldots\ldots x_k^0, y_k^0.\right) + \frac{\partial F_i}{\partial x_1^o} dx_1 + \frac{\partial F_i}{\partial y_1^o} dy_1 + \frac{\partial F_i}{\partial x_2^o} dx_2 + \ldots =$$

$$l_{i_{ajust}} = l_{iaproxim} + dl_i$$

dl_i : diferencial total de la función F

$$l_{i_{aprox}} + dl_i = l_{i_{observ}} + v_i$$

$$v_i = dl_i - (l_{i_{observ}} - l_{i_{aprox}})$$

$$v_i = dl_i - \mathrm{Li}$$

i =1,n .

n: número de observaciones, mayor que el número de incógnitas

$$\mathrm{vi} = \frac{\partial F_i}{\partial x_1^o} dx_1 + \frac{\partial F_i}{\partial y_1^o} dy_1 + \frac{\partial F_i}{\partial x_2^o} dx_2 + \ldots - L_i =$$

Esta sería la iésima ecuación, de un sistema de “n” ecuaciones, con “m” incógnitas, siendo m=2k, y “k” el número de puntos de la red

$$\frac{\partial F_1}{\partial x_1^o}dx_1 + \frac{\partial F_1}{\partial y_1^o}dy_1 + \frac{\partial F_1}{\partial x_2^o}dx_2 + \dots\dots + \frac{\partial F_1}{\partial y_k^o}dy_k = L_1 - v1$$

$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots = \dots\dots\dots\dots$$

$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots = \dots\dots\dots\dots$$

$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots = \dots\dots\dots\dots$$

$$\mathrm{vn} = \frac{\partial F_n}{\partial x_1^o}dx_1 + \frac{\partial F_n}{\partial y_1^o}dy_1 + \frac{\partial F_n}{\partial x_2^o}dx_2 + \dots\dots + \frac{\partial F_n}{\partial y_k^o}dy_k = L_n - v_n$$

En forma matricial

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial x_1^0} & \frac{\partial F_1}{\partial y_1^0} & \frac{\partial F_1}{\partial x_2^0} & \dots\dots & \frac{\partial F_1}{\partial y_k^0} \\ \dots\dots & \dots\dots & \dots\dots & \dots\dots & \dots \\ \dots\dots & \dots\dots & \dots\dots & \dots\dots & \dots \\ \frac{\partial F_n}{\partial x_1^0} & \frac{\partial F_n}{\partial y_1^0} & \frac{\partial F_n}{\partial x_2^0} & \dots\dots & \frac{\partial F_n}{\partial y_k^0} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} dx_1 \\ dy_1 \\ dx_2 \\ \dots\dots \\ \dots\dots \\ dy_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \\ \dots \\ \dots \\ L_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ \dots \\ \dots \\ v_n \end{bmatrix}$$

A: Matriz de diseño

$$A.X = L + V$$

X: Matriz de incógnitas (estimadores de las correcciones diferenciales a las coordenadas aproximadas)

L: Matriz de términos independientes

V: Matriz de correcciones a las observaciones (residuos)

infinitas soluciones. La mejor solución es aquella que hace

$$\sum p_i . v_i \rightarrow Minimo \qquad V^T.P.V \rightarrow Minimo$$

donde P es la matriz de pesos de las observaciones, que resulta ser una matriz diagonal por ser L una variable aleatoria independiente.

Resulta el llamado SISTEMA DE ECUACIONES NORMALES

$$(A^T.P.A) . X = A^T. P. L$$

cuya solución **$X = (A^T.P.A)^{-1} . A^T. P. L$** , minimiza la función

Luego la matriz de pesos P es:

P = (cov (L)) $^{-1}$ =

$$\begin{bmatrix} P_1 & 0 & 0 & \ldots.0 \\ 0 & P_2 & 0 & \ldots..0 \\ \ldots & \ldots. & \ldots & \ldots\ldots. \\ 0 & 0 & 0 & \ldots P_n \end{bmatrix}$$

El vector X , es una variable aleatoria conjunta correlacionada, puesto que es función de las observaciones, ya que:

$$L = l_{observ} - l_{aprox}$$

Según la ley general de la propagación de las varianzas-covarianzas.

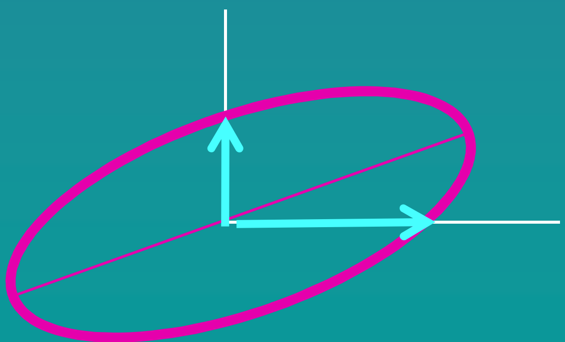
$$\mathbf{cov\ (X) = (\ A^T.P.A\ )^{-1}}$$

Siempre que se considere el factor de la varianza a priori $\boxed{\sigma_0^2 = 1}$

tendremos

$$\sigma_0^2 . \operatorname{cov}(x) = \begin{bmatrix} \sigma x_1^2 & \sigma x_1 y_1 & \sigma x_1 x_2 & \ldots\ldots\ldots\sigma x_1 y_n \\ \sigma y_1 x_1 & \sigma y_1^2 & \sigma y_1 x_2 & \ldots\ldots\ldots\sigma y_1 y_n \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \sigma y_n x_1 & \sigma y_n y_1 & \sigma y_n x_2 & \ldots\ldots\ldots\ldots\sigma y_n^2 \end{bmatrix}.$$

ELIPSE DE ERROR



$$aii = \begin{bmatrix} \sigma_{x_i x_i} & \sigma_{x_i y_i} \\ \sigma_{y_i x_i} & \sigma_{y_i y_i} \end{bmatrix}$$

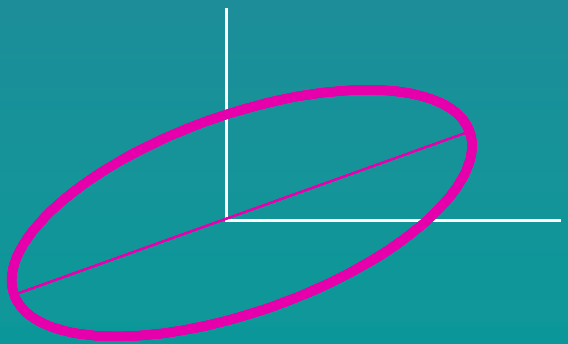
La ecuación característica es:

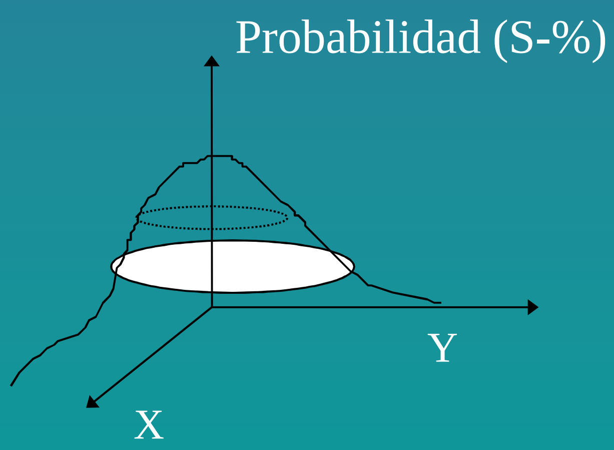
$$\lambda^2 - traza\left(a_{ii}\right).\lambda + \det\left(a_{ii}\right) = 0$$

$$A = \lambda_1 = \sigma_0^2 . \frac{\sigma_{x_i x_i} + \sigma_{y_i y_i}}{2} + \sqrt{\frac{\left(\sigma_{y_i y_i} - \sigma_{x_i x_i}\right)^2}{4} + \sigma_{x_i y_i}{}^2}$$

$$B = \lambda_2 = \sigma_0^2 . \frac{\sigma_{x_i x_i} + \sigma_{y_i y_i}}{2} - \sqrt{\frac{\left(\sigma_{y_i y_i} - \sigma_{x_i x_i}\right)^2}{4} + \sigma_{x_i y_i}{}^2}$$

$$\tan g(\varphi) = \frac{2.\sigma_{xy}}{\sigma_x^2 - \sigma_y^2}$$





Niveles de probabilidad

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE DISEÑOS

- Área de la Elipse absoluta.
- Criterio del semieje mayor.
- Excentricidad de las elipses absolutas.

Procedimiento para el diseño y análisis de precisión

1) Calcular los coeficientes de las ecuaciones de observación linealizados, a partir de las coordenadas aproximadas y del tipo de observación planificada

2) Asignar varianzas o pesos a las observaciones

3) Colocar los coeficientes calculados en el punto 1) , en la matriz de diseño (A), y los elementos calculados en el punto 2), en la matriz de pesos (P)

4) Calcular la matriz "a" = (AT.P.A), e invertirla.

5) Calcular la elipse de confianza absoluta, para cada punto, por medio de la solución de los autovalores correspondientes a la submatriz "aii", de orden 2x2.

6) Incrementar la probabilidad, a un nivel mayor, por ejemplo 95 %

7) Calcular los elementos auxiliares para las elipses absolutas, por ejemplo área, excentricidad, etc.

Procedimiento para el AJUSTE DE UNA RED

$$X = (A^T.P.A)^{-1} . A^T. P. L$$

1) Calcular los coeficientes de las Ecuaciones de observación linealizados, a partir de las coordenadas aproximadas y del tipo de observación planificada.

2) Asignar varianzas o pesos a las observaciones.

3) Confeccionar la matriz A (de Diseño), con los coeficientes calculados en 1 y la matriz P (de Pesos), con los valores adoptados en 2.

4) Realizar los productos matriciales:

$$a = A^T.P.A$$

$$h = A^T.P.L$$

5) Invertir la matriz *a* :

$$a^{-1} = (A^T.P.A)^{-1}$$

6) Calcular las correcciones $X = a^{-1} * h$

$= (A^{T} \cdot P \cdot A)^{-1} * (A^{T} \cdot P \cdot L)$

$$X = \begin{bmatrix} dx_1 \\ dy_1 \\ dx_2 \\ dy_2 \\ . \\ . \end{bmatrix}$$

7) Calcular las coordenadas ajustadas:

X*ajust* = X*aprox* + X

8) Calcular los residuos:

***v* = *A*.X – L**

con éstos se está en condiciones de calcular la estimación de la varianza de la observación típica

9) Calcular la estimación de la varianza: σ_0^2 a posteriori que viene dada por

$$\frac{v^T.P.v}{n-m} = \frac{\sum P_i v_i^2}{n-m}$$ **(varianza a posteriori)**

n: nº de observaciones

m: nº de incógnitas

m: 2k

k: nº de puntos nuevos

n-m: nº de grados de libertad (n-m)

Si el peso de las observaciones se hizo considerando la varianza a priori:

$$\sigma_0^2 = 1$$

Entonces se debería obtener $\sigma_0^2 = 1$ posteriori= 1

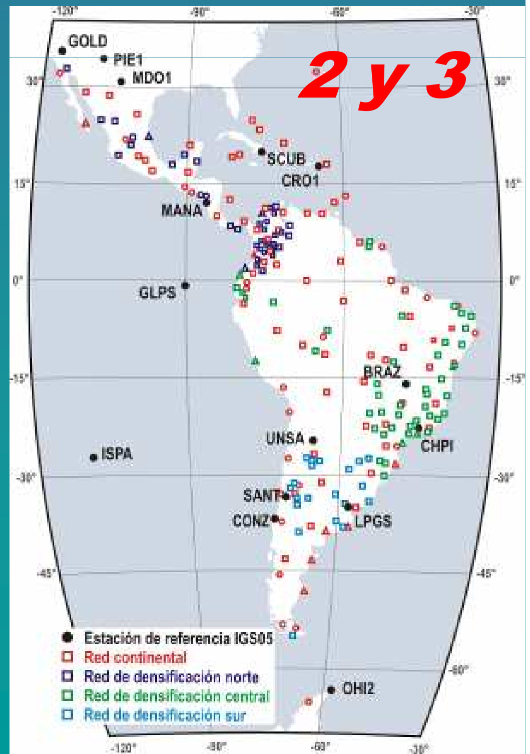
10) Analizar si $\sigma_0^2 - 1$ posteriori **- 1 < Tolerancia**

¿Con qué OBJETIVO realizar el AJUSTE de una RED?

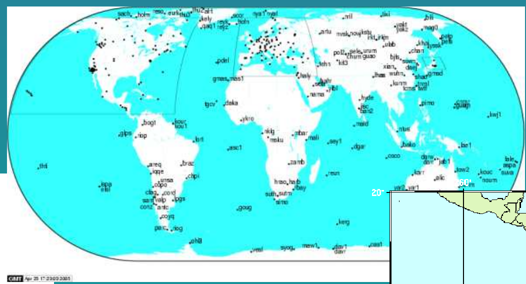
1. Cuando el objetivo es **estimar las mejores coordenadas** para los puntos de una red, en la que se han realizado medidas superabundantes.

2. Cuando se desea **densificar una red** en una región.

3. Cuando se quiere **homogeneizar** en una sola red, varias redes que han sido medidas y calculadas en forma aislada.

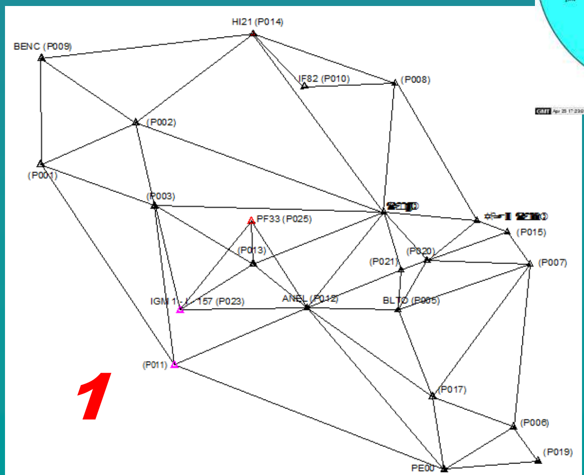


2 y 3



2

http://igscb.jpl.nasa.gov/
k/complete.html

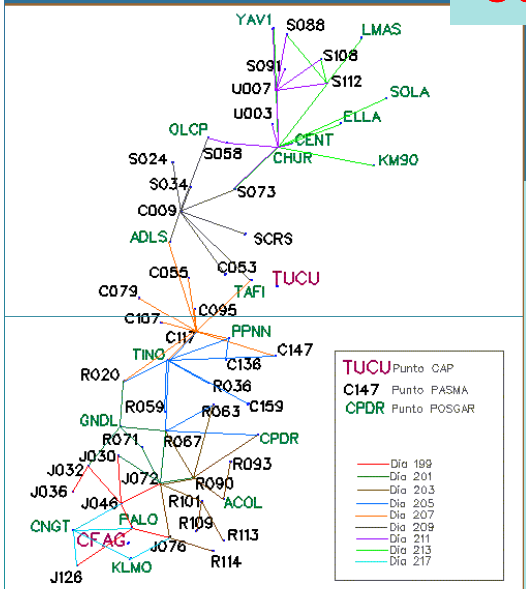


1

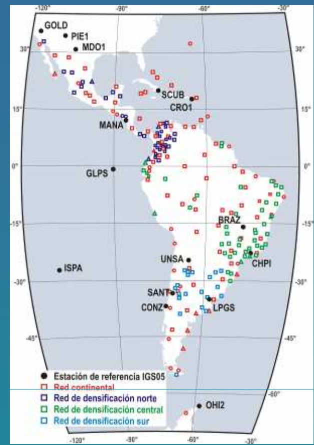
¿Cuándo podemos realizar un AJUSTE?

- *Cuando se tienen observaciones superabundantes, se han medido mas elementos que los estrictamente necesarios*

Sobreocupación de estaciones



Algunas estaciones participan de la medición durante varios días de la campaña

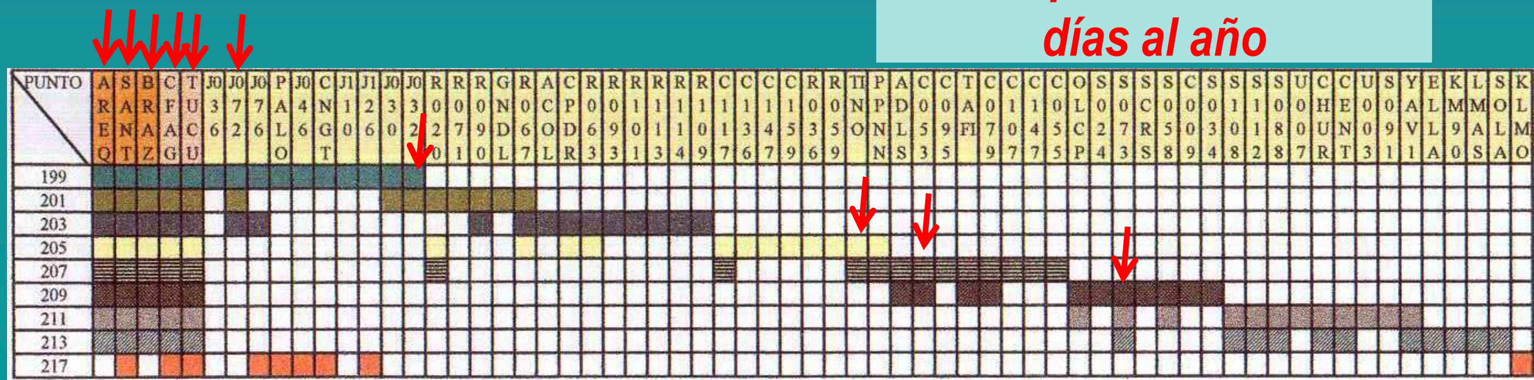


EP	DIAS en Sem 1571	
AREQ	7	XXXXXXX
AUTF	7	XXXXXXX
AZUL	7	XXXXXXX
BOGT	7	XXXXXXX
BRAZ	7	XXXXXXX
BRFT	6	XXXXXX
CALL	2	XX
CATA	7	XXXXXXX
CEEU	6	XXXX
CFAG	7	XXXXXXX
CHPI	7	XXXXXXX
CONZ	7	XXXXXXX
CUEC	7	XXXXXXX
GYEC	7	XXXXXXX
IQQE	5	XXXXX
IQUI	4	XXXX

Las estaciones miden permanentemente.

7 días por semana, 365 días al año

DIA GPS

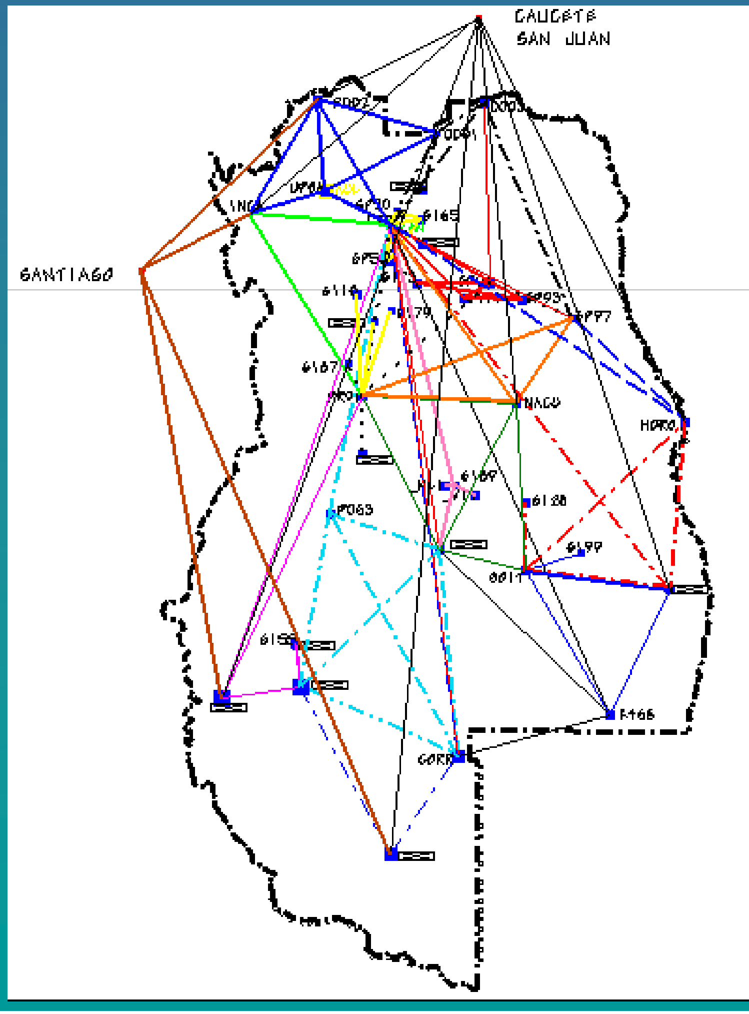


¿Cuándo podemos realizar un AJUSTE?

•*Cuando se tienen <u>observaciones superabundantes</u>,se han medido mas elementos que los estrictamente necesarios*

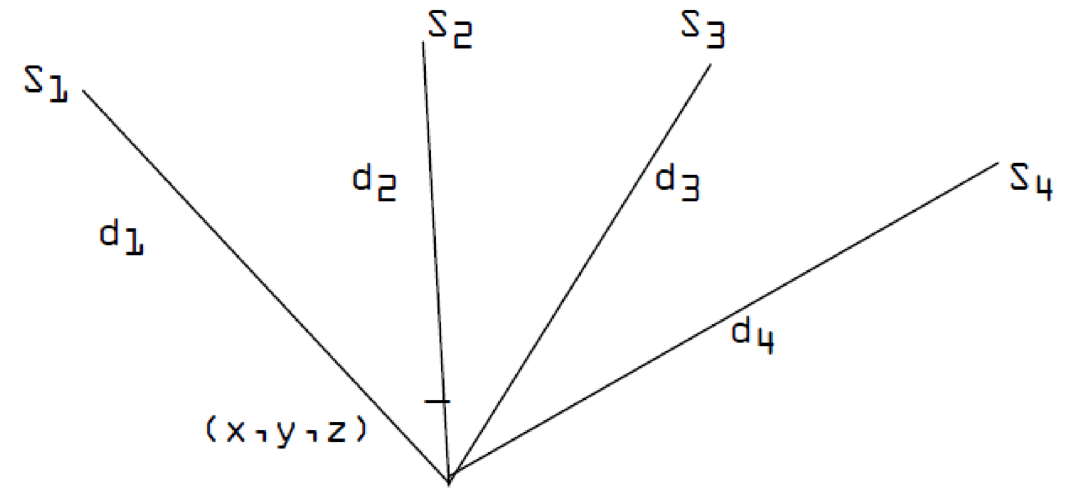
Vectores cerrando figuras

A cada punto se le pueden calcular mas de un grupo de coordenadas, según el vector que se procese.



METODO PARAMÉTRICO

Se determinan ecuaciones de observación en función de las coordenadas (parámetros)



$$p_1 = d_1 + c.\Delta tr + e_1 \text{ ----> } d_1 = \sqrt{(x_{s1} - x)^2 + (y_{s1} - y)^2 + (z_{s1} - z)^2}$$

$$p_2 = d_2 + c.\Delta tr + e_2 \text{ ----> } d_2 = \sqrt{(x_{s2} - x)^2 + (y_{s2} - y)^2 + (z_{s2} - z)^2}$$

$$p_3 = d_3 + c.\Delta tr + e_3 \text{ ----> } d_3 = \sqrt{(x_{s3} - x)^2 + (y_{s3} - y)^2 + (z_{s3} - z)^2}$$

$$p_4 = d_4 + c.\Delta tr + e_4 \text{ ----> } d_4 = \sqrt{(x_{s4} - x)^2 + (y_{s4} - y)^2 + (z_{s4} - z)^2}$$

$$l_{i_{ajust}} = l_{i_{aprox}} + dl_i = l_{i_{observ}} + v_i$$

EN LAS ECUACIONES DE

POSICIONAMIENTO DIFERENCIAL RELATIVO DE FASE

$$l_R^1 - \rho_{R,0}^1 - c\cdot\Delta T^1 - \overline{\Delta\rho}_T(z_R^1) + v_R^1 = \cos\left(\alpha_{R,0,n}^1\right)\cdot\Delta n_R + \cos\left(a_{R,0,e}^1\right)\cdot\Delta e_R + \cos\left(a_{R,0,v}^1\right)\cdot\Delta v_R - c\cdot\Delta t_R + b_R^1 + m_H(z_R^1)\cdot\delta\rho_{T,H,z=0}$$

$$l_R^2 - \rho_{R,0}^2 - c\cdot\Delta T^2 - \overline{\Delta\rho}_T(z_R^2) + v_R^2 = \cos\left(\alpha_{R,0,n}^2\right)\cdot\Delta n_R + \cos\left(a_{R,0,e}^2\right)\cdot\Delta e_R + \cos\left(a_{R,0,v}^2\right)\cdot\Delta v_R - c\cdot\Delta t_R + b_R^2 + m_H(z_R^2)\cdot\delta\rho_{T,H,z=0}$$

$$\vdots$$

$$l_R^n - \rho_{R,0}^n - c\cdot\Delta T^n - \overline{\Delta\rho}_T(z_R^n) + v_R^n = \cos\left(\alpha_{R,0,n}^n\right)\cdot\Delta n_R + \cos\left(a_{R,0,e}^n\right)\cdot\Delta e_R + \cos\left(a_{R,0,v}^n\right)\cdot\Delta v_R - c\cdot\Delta t_R + b_R^n + m_H(z_R^n)\cdot\delta\rho_{T,H,z=0}$$

resultan como
incógnitas

corrección a las coordenadas, ambigüedades, parámetros troposf.

Las correcciones a las coordenadas aproximadas o a priori sumadas a éstas determinan los valores ajustados de las coordenadas incógnitas.

$$\hat{n}_R = n_{R,0} + \Delta\hat{n}_R$$

$$\hat{e}_R = e_{R,0} + \Delta\hat{e}_R$$

$$\hat{v}_R = v_{R,0} + \Delta\hat{v}_R$$

El sistema de ecuaciones de observación expresado matricialmente

$$l + \mathbf{v} = \mathbf{A}.\ \mathbf{x}$$

$$\mathbf{A} = \begin{array}{c} \\ \\ \end{array}
\begin{array}{c}
\begin{array}{cccccccc}
\Delta n_R & \Delta e_R & \Delta v_R & \Delta t_R & \delta\rho_{T,H,z=0,R} & b_R^1 & b_R^2 & b_R^n
\end{array} \\
\left(\begin{array}{ccc|c|c|cccc}
\cos(\alpha^1_{R,0,n}) & \cos(\alpha^1_{R,0,e}) & \cos(\alpha^1_{R,0,v}) & -c & m_H(z^1_R) & 1 & 0 & \cdots & 0 \\
\cos(\alpha^2_{R,0,n}) & \cos(\alpha^2_{R,0,e}) & \cos(\alpha^2_{R,0,v}) & -c & m_H(z^2_R) & 0 & 1 & \cdots & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
\cos(\alpha^n_{R,0,n}) & \cos(\alpha^n_{R,0,e}) & \cos(\alpha^n_{R,0,v}) & -c & m_H(z^n_R) & 0 & 0 & \cdots & 1
\end{array}\right)
\end{array}$$

L$(n\times 1)$ *contiene* n *términos 'O-C' para los satélites observados en la época;* **x**$((3+1+1+n)\times 1)$ *contiene a las incógnitas: 3 de posición del receptor, 1 de reloj del recetor en la época, 1 de corrección para el retardo troposférico en el intervalo, y* n *de los biases de los satélites observados en la época;* **A** *es una matriz de tamaño* $n\times(3+1+1+n)$.

¿Qué nos permite el AJUSTE de una red?

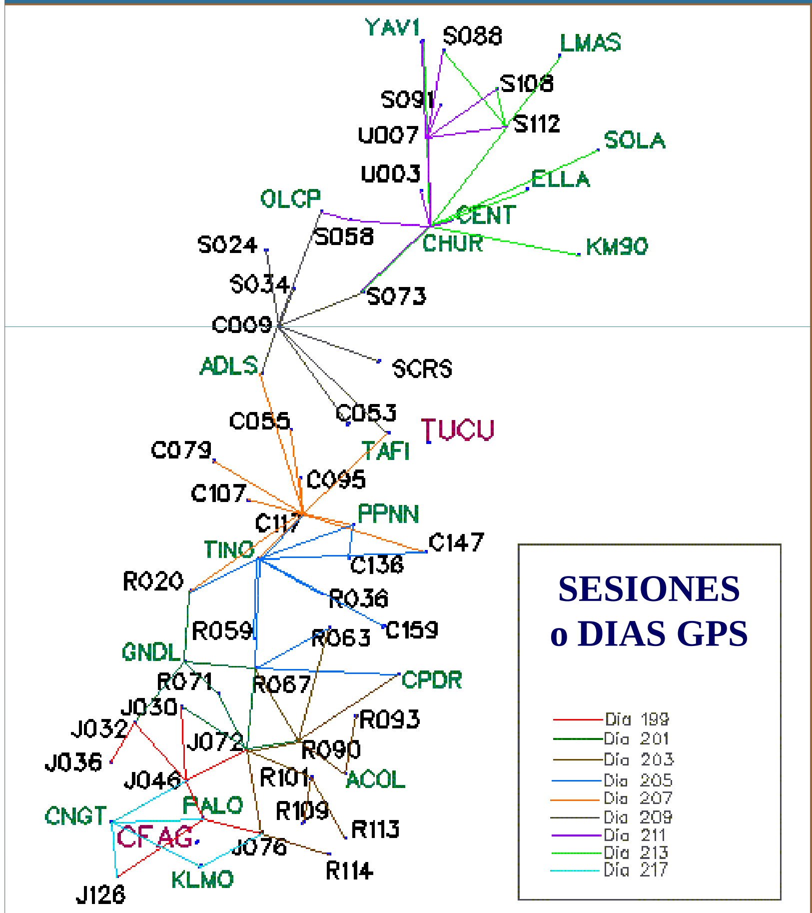
Dada la cantidad **superabundante** de observaciones y se pretende hacer una ajuste para:

1. **Calcular las coordenadas de los puntos de la red**

2. **Estimar la precisión de la red**

¿Qué nos permite el AJUSTE de una red?

1- ANALIZAR LA PRECISIÓN INTERNA DE LA RED



Se tiene un cantidad n de estaciones que han registrado observaciones simultáneas durante una sesión:

MULTIESTACION

Las estaciones registran observaciones por más de una sesión:

MULTISESION

Análisis de la precisión a partir de la REPETIBILIDAD de las coordenadas.

PROCESAMIENTO MULTIESTACIÓN

Tantos ajustes como sesiones o días.

PROCESAMIENTO MULTISESIÓN

Un único sistema de ecuaciones normales incluyendo todas las sesiones.

ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN INTERNA

En puntos con SOBREOCUPACIÓN

REPETIBILIDAD de la coordenada

PROCESAMIENTO MULTIESTACIÓN (día x día)

- Estimación de: coordenadas y parámetros troposféricos.
- Resolución de ambigüedades.
- Generación del sistema de ecuaciones normales (tantos como sesiones o días)

PROCESAMIENTO MULTISESIÓN (un grupo de días juntos)

- Conformación de un ÚNICO sistema de ecuaciones normales.
- Estimación de: coordenadas y parámetros troposféricos.
- Resolución de ambigüedades.
- Ajuste cuasi libre para SALVAR EL DEFECTO DE DATUM.

Coordenadas de un punto con $\sigma_{a\ priori} = 1$ m

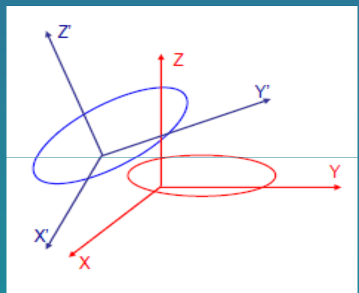
ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN INTERNA

Análisis de la REPETIBILIDAD de las coordenadas en los puntos con sobreocupación

Comparación

Coordenadas FINALES (Ajustadas) vs. Coordenadas de cada solución diaria

previa transformación de SIMILARIDAD (Filtra efectos sistemáticos)



$$\begin{vmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 1 & -R_Z & R_Y \\ R_Z & 1 & -R_X \\ -R_Y & R_X & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} X \\ Y \\ Z \end{vmatrix}$$

1) Se calculan 7 parámetros entre el doble juego de coordenadas (diaria vs multisesión).

2) Se aplican los parámetros a las soluciones diarias para asimilar a la multisesión.

3) Se comparan las nuevas coordenadas obtenidas en 2) con las de la multisesión.

4) Se calculan los residuos para cada coordenada y para cada día (estación x estación)

Análisis de la precisión interna

REPETIBILIDAD de las coordenadas en los puntos con sobreocupación

7 ecuaciones normales libres → **1 por cada día de observación**

Ajuste por mínimos cuadrados

1 ecuación normal libre

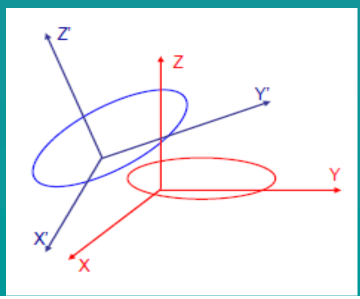
Análisis de precisión

Residuos semanales y diarios → **Reducción de estaciones en ecuaciones diarias** → **Nuevo procesamiento, ajuste y análisis**

Comparación

Coordenadas FINALES (Ajustadas) vs. Coordenadas de cada solución diaria

previa transformación de SIMILARIDAD (Filtra efectos sistemáticos)



$$\begin{vmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 1 & -R_Z & R_Y \\ R_Z & 1 & -R_X \\ -R_Y & R_X & 1 \end{vmatrix} . \begin{vmatrix} X \\ Y \\ Z \end{vmatrix}$$

Para una semana GPS

1- ANALIZAR LA PRECISIÓN INTERNA DE LA RED

Es posible en los puntos con sobreocupación.

Análisis de los residuos

(N(norte), E(este) y V(vertical))

de cada estación

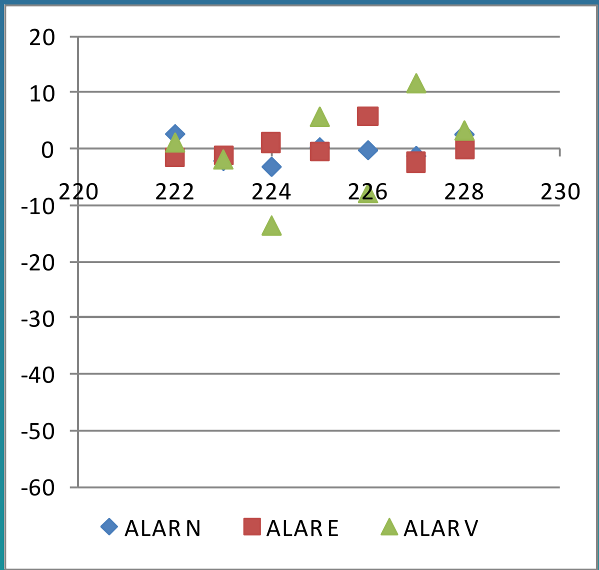
en la solución cuasi libre

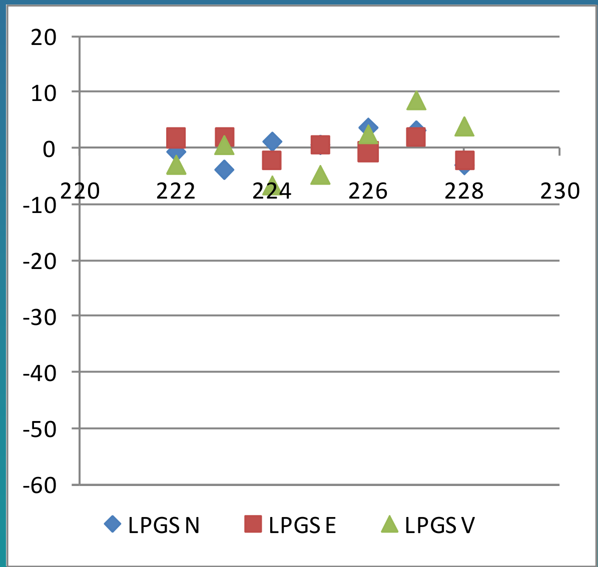
y del rms

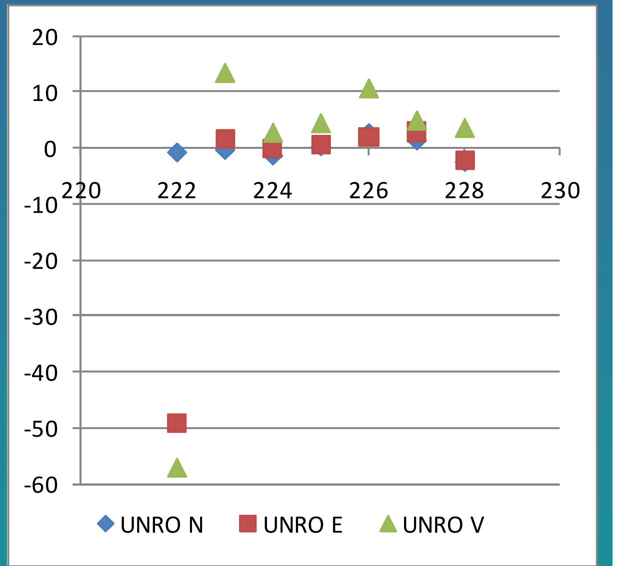
(root mean square)

			DIA GPS						
		rms	222	223	224	225	226	227	228
ALAR	N	2,24	2,69	-2,09	-3,14	0,35	-0,19	-1,23	2,62
ALAR	E	2,65	-1,47	-1,26	1,06	-0,55	5,7	-2,38	-0,16
ALAR	V	8,45	1,14	-1,86	-13,57	5,71	-7,83	11,66	3,28
AREQ	N	4,45	-3,36	1,91	-4,2	-1,53	-0,27	8,94	-1,94
AREQ	E	3,25	-2,59	-1,66	-1,23	2,05	-0,57	6,84	-1,04
AREQ	V	16,75	0,97	-5,27	**-25,59**	-4,48	15,2	**27,08**	3,96
BOGT	N	2,04	-2,98	1,12	2,09	-1,58	-1,33	2,46	-0,2
BOGT	E	6,28	7,58	-7,71	0,07	9,19	-1,8	-4,51	-3,43
BOGT	V	9,86	1,43	8,4	-3,19	14,61	4,68	-7,16	-14,62
BRAZ	N	1	-1,14	0,26	1,17	0,52	-1,67	0,44	0,22
BRAZ	E	2,29	1,27	-3,21	2,76	2,56	0,26	-1,09	-2,05
BRAZ	V	8,31	-8,76	-1,53	-6,86	13,16	10,26	3,01	-0,63
BRFT	N	3,07	0,68	-4,98	1,73	3,1	-0,67	-2,97	
BRFT	E	2,81	0,05	-2,1	0,37	-1,3	5,7	-0,85	
BRFT	V	13,94	15,8	-0,94	-22,01	-1,9	-0,55	15,25	
CALL	N	0,78	-0,56	0,55					
CALL	E	4,53	0,81	-4,46					
CALL	V	3,69	0,04	-3,69					
LPGS	N	2,85	-0,66	-3,84	1,13	0,57	3,62	3,12	-3,02
LPGS	E	1,85	1,74	1,87	-2,2	0,54	-0,7	1,97	-2,12
LPGS	V	5,37	-3,13	0,41	-6,86	-4,96	2,35	8,48	3,76
UNRO	N	1,77	-0,81	-0,39	-1,43	0,26	2,73	1,36	-2,58
UNRO	E	**20,2**	**-49,23**	1,66	-0,05	0,62	1,86	2,84	-2,17
UNRO	V	**24,5**	**-57,09**	13,3	2,63	4,3	10,54	4,8	3,47

Análisis de los residuos de la solución cuasi libre de cada estación. Algunos ejemplos:







Residuos

N y E < 10mm y en V<15mm

Residuos UNRO día 222

E y V > 50mm PROBLEMAS

Analizar la precisión interna

Repetitividad de las coordenadas (rms medio de la red para 15 meses)

Si hay repetibilidad en varias semanas.

ANALIZAR los rms medios de toda la red (N, E y V)

Un ejemplo:

Red SIRGAS-CON-Sur

análisis para 60 semanas (15 meses)

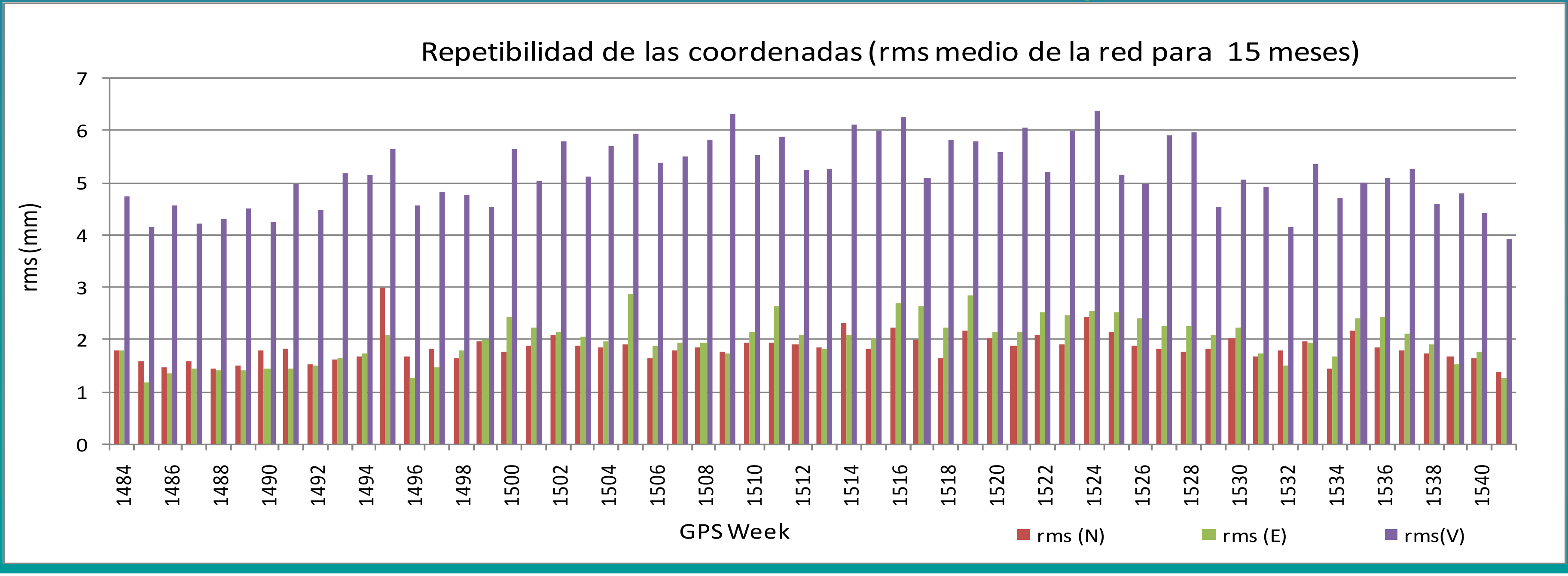
rms N , E y V

Precisión de la red

mejor que

2 mm en coord. horizontales

y 5 mm en altura.



Introducir el marco de referencia

Introducir las coordenadas de referencia con un determinado peso, produce un doble efecto:

Introduce el sistema de referencia

Puede deformar la red

Debe entenderse por

"manejo apropiado de las coordenadas" a :

1. Introducir coordenadas de un marco cuya precisión interna sea mejor que la de la red que se va a ajustar.
2. Introducir pesos apropiados a dichas coordenadas de REFERENCIA, con el objeto de minimizar las deformaciones de la red, ya que tales coordenadas han sido estimadas con cierta incertidumbre.

Introducir el marco de referencia

2-INTRODUCIR EL MARCO DE REFERENCIA

“manejo apropiado de las coordenadas”

1. **<u>Introducir coordenadas</u> de un marco cuya precisión interna sea mejor que la de la red que se va a ajustar.**

PREGUNTAS FRECUENTES:

¿Qué coordenadas utilizar?

¿Cuántos puntos de referencia?

¿Qué distribución de los mismos?

¿Qué estrategia adoptar?

Para responder: ¿Qué coordenadas utilizar?

Tener presente que:

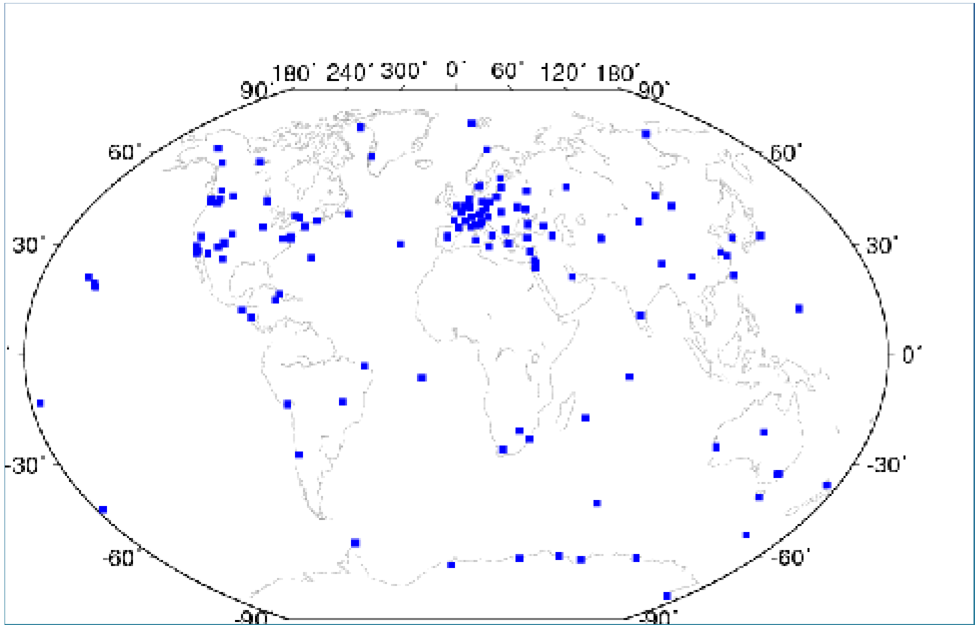
- Los marcos de referencia tienen distintas precisiones,
- se encuentran referidos a ciertas épocas,
- algunos puntos tienen coordenadas en algunos marcos y en otros no.

Para un marco de referencia se publican:

Coordenadas, precisión estimada, velocidad de la coordenada y estimación de la precisión de ésta, época a la que refieren.

ITRF2008 STATION POSITIONS AT EPOCH 2005.0 AND VELOCITIES
IGS STATIONS

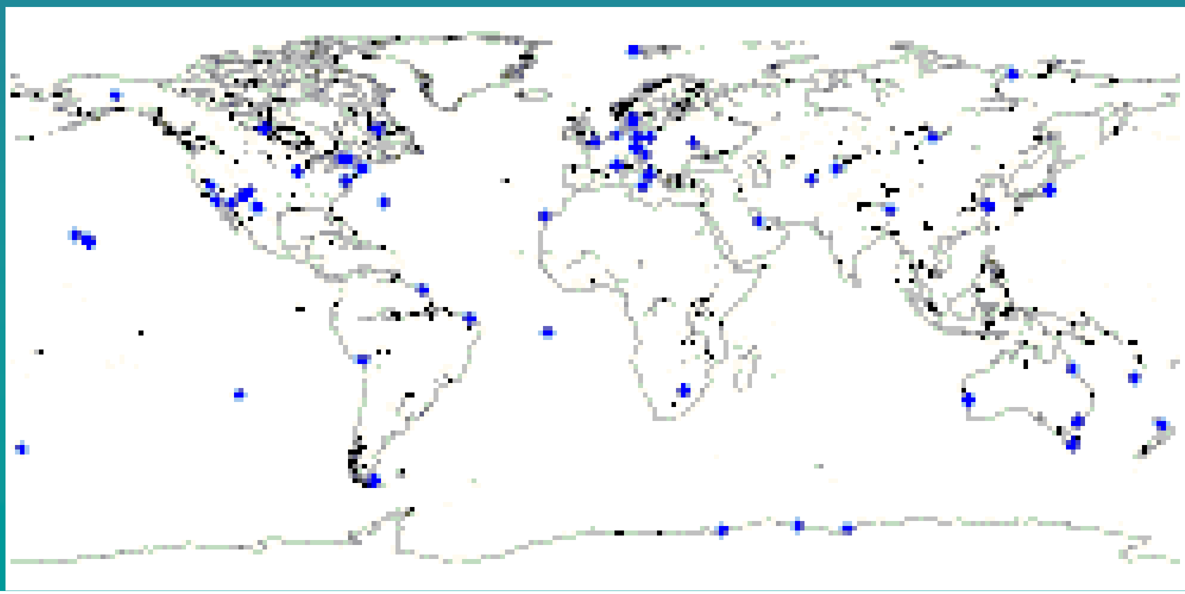
DOMES NB.	SITE NAME	TECH.	ID.	X/Vx	Y/Vy	Z/Vz	Sigmas			SOLN	DATA_START	DATA_END
				m/m/y								
41901M001	Bogota	GNSS	BOGT	1744399.026	-6116037.502	512731.724	0.001	0.001	0.001	5	07:348:00000	00:000:00000
41901M001				-.0129	0.0445	0.0124	.0001	.0002	.0001			
41902M001	Cartagena	GNSS	CART	1567348.603	-6075293.539	1142850.818	0.002	0.003	0.001	1	00:000:00000	03:086:00000
41902M001				0.0122	0.0027	0.0114	.0004	.0008	.0003			
41902M001	Cartagena	GNSS	CART	1567348.600	-6075293.520	1142850.811	0.001	0.002	0.001	2	03:086:00000	00:000:00000
41902M001				0.0122	0.0027	0.0114	.0004	.0008	.0003			
42003S003	Quito III	GNSS	QUI2	1272867.321	-6252772.124	-23801.765	0.001	0.001	0.001			
42003S003				0.0067	0.0013	0.0108	.0000	.0001	.0000			
42005M001	Santa Cruz	GNSS	GALA	-33795.702	-6377522.636	-82120.804	0.001	0.001	0.001			
42005M001				0.0512	-.0001	0.0103	.0000	.0001	.0000			
42005M002	Santa Cruz	GNSS	GLPS	-33801.655	-6377516.523	-82154.386	0.001	0.001	0.001	1	00:000:00000	08:282:00000
42005M002				0.0512	-.0001	0.0103	.0000	.0001	.0000			
42005M002	Santa Cruz	GNSS	GLPS	-33801.657	-6377516.520	-82154.386	0.001	0.001	0.001	2	08:282:00000	00:000:00000
42005M002				0.0512	-.0001	0.0103	.0000	.0001	.0000			
42006M001	Rio Bamba	GNSS	RIOP	1255144.945	-6253609.456	-182569.855	0.001	0.002	0.001	1	00:000:00000	07:121:00000
42006M001				-.0049	-.0036	0.0010	.0001	.0004	.0001			
42006M001	Rio Bamba	GNSS	RIOP	1255144.980	-6253609.435	-182569.821	0.001	0.002	0.001	2	07:121:00000	00:000:00000
42006M001				-.0049	-.0036	0.0010	.0001	.0004	.0001			
42202M005	Arequipa	GNSS	AREQ	1942826.824	-5804070.230	-1796893.846	0.001	0.001	0.001	1	00:000:00000	01:175:73994
42202M005				0.0127	0.0016	0.0138	.0001	.0002	.0001			



	T1	T2	T3	D	R1	R2	R3
	mm	mm	mm	10-9	mas	mas	mas
	-0.5	-0.9	-4.7	0.94	0.000	0.000	0.000
+/-	0.2	0.2	0.2	0.03	0.008	0.008	0.008
Rates	0.3	0.0	0.0	0.00	0.000	0.000	0.000
+/-	0.2	0.2	0.2	0.03	0.008	0.008	0.008

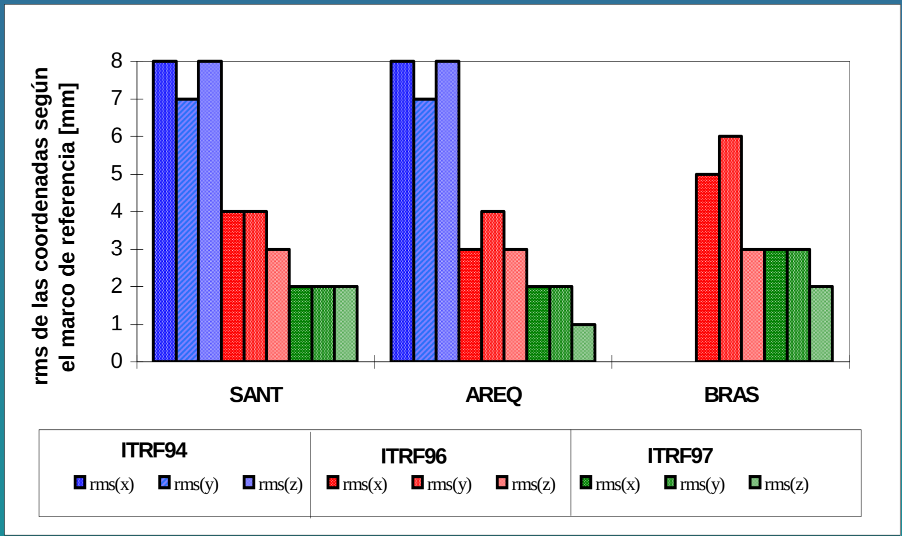
Table 1: Transformation parameters at epoch 2005 their rates from ITRF2008 to ITRF2005 (ITRF2005 ITRF2008)

171 estaciones

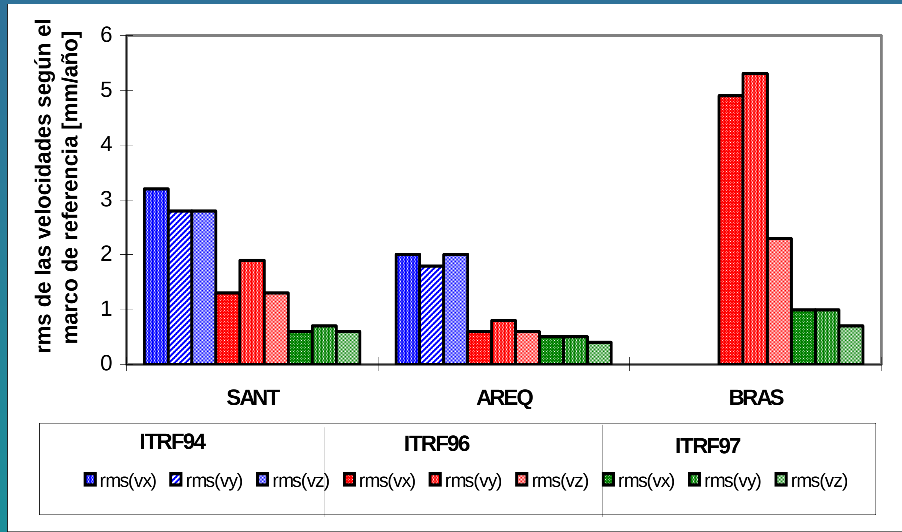


70 estaciones

Los marcos de referencia tienen distintas precisiones



Precisión de las coordenadas



Precisión de las velocidades

Los marcos se refieren a ciertas épocas.

Actualización de las coordenadas

Marco	Época
ITRF2008	2005.0
ITRF2005	2000.0
ITRF2000	1997.0
ITRF1997	1997.0

Coordenadas puntos de referencia → **Época de las observaciones a ajustar Ejemplo: 1997.6**

$$X_{ITRF\,94(1997.6)} = X_{ITRF\,94(1993.0)} + v_{ITRF\,94}.(1997.6 - 1993.0)$$

	ITRF94(1993.0)			Velocidades			ITRF94(1997.6)		
PUNTO	x / σ_x	y / σ_y	z / σ_z	vx / σ_{vx}	vy / σ_{vy}	vz / σ_{vz}	x / σ_x	y / σ_y	z / σ_z
Santiago	1769693,258	-5044574,114	-3468321,112	0,0225	-0,007	0,0147	1769693,362	-5044574,144	-3468321,044
	0,008	0,007	0,008	0,0032	0,0028	0,0028	0,0167	0,0146	0,0152
arequipa	1942826,693	-5804070,243	-1796894,035	0,0134	-9E-04	0,0069	1942826,755	-5804070,247	-1796894,003
	0,008	0,007	0,008	0,002	0,0018	0,0020	0,0122	0,0108	0,0122

Introducir las coordenadas de referencia con un determinado peso produce un doble efecto:

Introduce el sistema de referencia

Puede deformar la red

Debe entenderse por

"manejo apropiado de las coordenadas" a :

1. Introducir coordenadas de un marco cuya precisión interna sea mejor que la de la red que se va a ajustar.
2. Introducir pesos apropiados a dichas coordenadas de REFERENCIA, con el objeto de minimizar las deformaciones de la red, ya que tales coordenadas han sido estimadas con cierta incertidumbre.

Introducir el marco de referencia

Para responder:

¿Cómo introducir las coordenadas?

¿Con qué precisión?

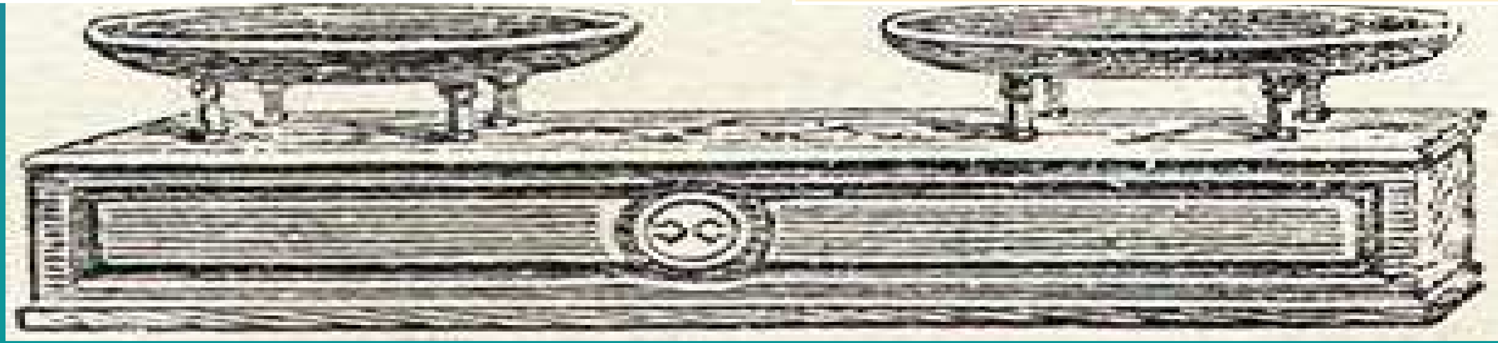
Tener presente que:

Variación de las coordenadas de referencia

(Nueva – A priori) < su error

Deformación producida a la red

Cuasi libre vs Ajustada al marco XX



Introducir el marco de referencia

¿Qué ESTRATEGIA ADOPTAR?

Las estrategias comúnmente utilizadas son:

1) Mínimas restricciones (NNR + NNT)

- Para los puntos de referencia adoptados que tienen doble juego de coordenadas (las de referencia y las surgidas del ajuste libre), se calculan 3 rotaciones (Rx, Ry, Rz) y 3 traslaciones (dx, dy, dz)
- Estas se aplican a la red cuasi libre para llevarla lo mas próximo al marco definido por las coordenadas de referencia .

SUELE SER LA QUE MENOR DEFORMACIÓN PRODUCE A COSTA DE

NO SER LA QUE MEJOR INTRODUCE EL MARCO DE REFERENCIA

2) Coordenadas fijas

- Se fijan las coordenadas de referencia.

ES LA QUE MAYOR DEFORMACIÓN INTRODUCE A COSTA DE

IMPONER EL MARCO DE REFERENCIA

3) Restricción en las coordenadas

Se establece una precisión a-priori de las coordenadas de referencia.

Se realiza un ajuste ponderado.

SEGÚN EL PESO DADO A LAS COORDENADAS DE REFERENCIA SUELE SER LA QUE MEJOR ADAPTA LA RED AL MARCO DE REFERENCIA, SIN INTRODUCIR MAYOR DEFORMACIÓN. ES UNA SOLUCIÓN INTERMEDIA ENTRE LAS ESTRATEGIAS 1 Y 2.

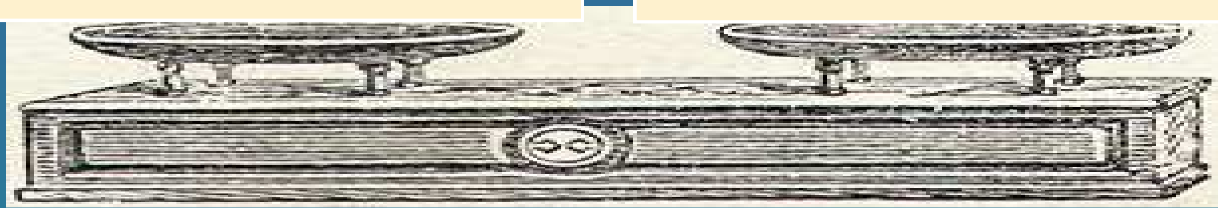
Metodología de Análisis

Variación de las coordenadas de referencia

(Nueva – A priori) < su error

Deformación producida a la red

Cuasi libre vs Ajustada al marco XX



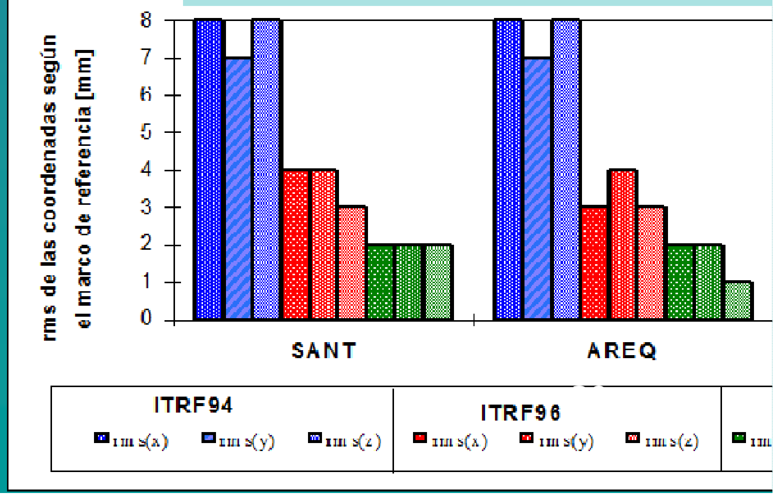
La diferencia entre las coordenadas provenientes del ajuste y las de referencia para los puntos de apoyo no debe superar en gran medida a la precisión de las mismas.

Ejemplo:

Una red ajustada a ITRF94 mediante las coordenadas de las estaciones AREQ, BRAZ y SANT

ESTACION	COORDENADAS	NUEVA-A PRIORI
SANT	X Y Z	0,0003 0,0022 -0,0047
AREQ	X Y Z	0,0012 -0,0039 0,0121

Precisión de las coordenadas



Metodología de Análisis

Variación de las coordenadas de REFERENCIA

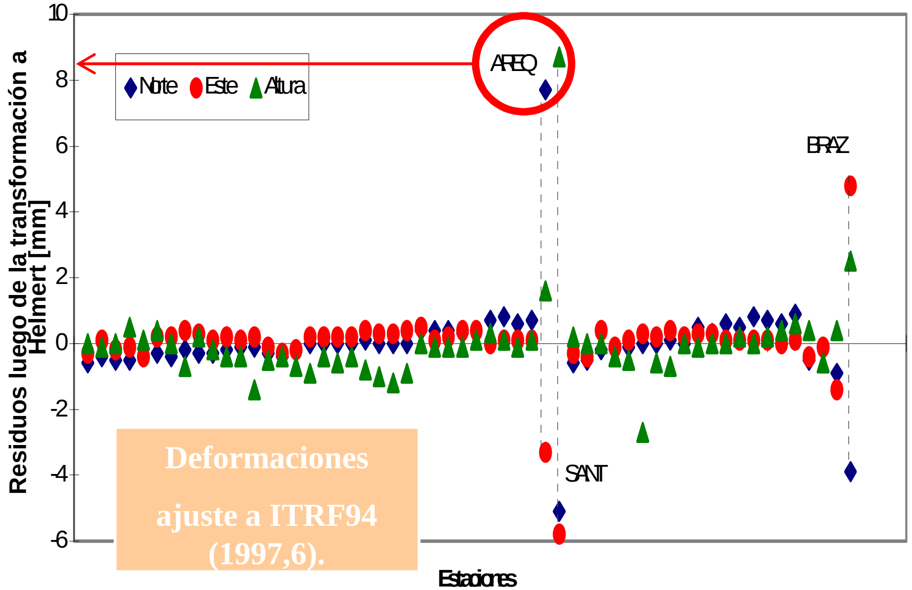
(Nueva – A priori) < su error

Deformación producida a la red

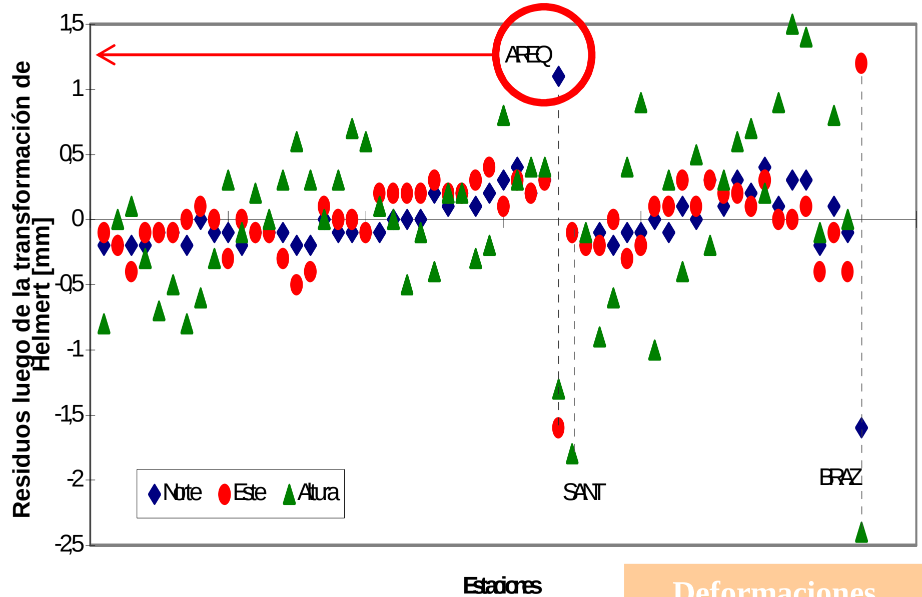
Cuasi Libre vs Ajustada al marco XX

Cuasi libre vs Ajustada al marco XXXX

Mínimos residuos luego de una transformación de SIMILARIDAD



Deformaciones ajuste a ITRF94 (1997,6).



Deformaciones ajuste a ITRF96 (1997,6).

Introducir el marco de referencia

Cuasi libre vs Ajustada al marco XXXX

Mínimos residuos luego de una transformación de SIMILARIDAD

El mismo ejemplo ajustada a ITRF97, aún mejor….

RESUMIENDO

Algunas consideraciones a tener en cuenta:

❖ Necesidad de generar puntos con SOBREOCUPACION

Análisis de la precisión interna- Metodología apropiada

❖ Importancia de adoptar un marco de referencia apropiado.

❖ Considerar la época del marco –VELOCIDADES APROPIADAS

❖ Ventajas de utilizar los marcos del IERS (ITRF) y sus densificaciones continentales como SIRGAS y las redes nacionales ajustadas a esas redes continentales, p. ej. :MAGNA-SIRGAS, REGVEN-SIRGAS, etc.

-ACTUALIZACIÓN. Se cuenta con coordenadas y velocidades.

-SEGUIMIENTO CONTINUO: Coordenadas semanales.

❖ Importancia del acuerdo entre el control y la red a ajustar.

Acuerdo geométrico: Distancias entre puntos, duración de sesiones, etc.

ESPERO LES SEA DE UTILIDAD…

Muchas gracias!!!!