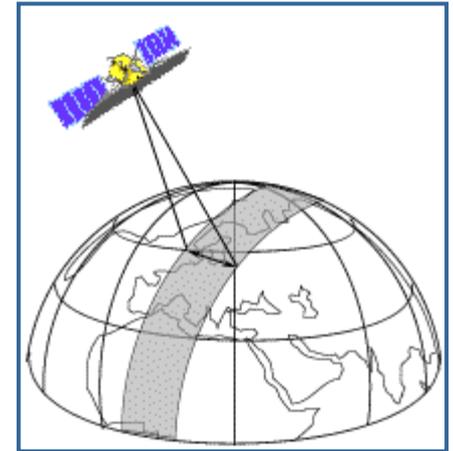
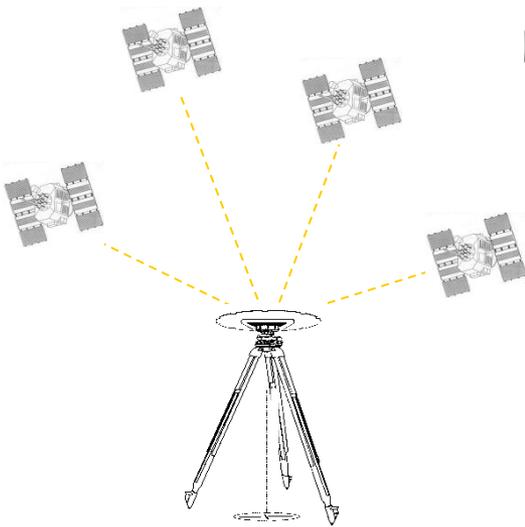




# El sistema Galileo: fundamentos, características diferenciales y estado del arte

M. Clara de Lacy Pérez de los Cobos  
Dpto. Ingeniería Cartográfica,  
Geodésica y Fotogrametría  
Universidad de Jaén





# Índice

- El futuro escenario GNSS
- Sistema de navegación multifrecuencia y multiconstelación
- El sistema GPS modernizado
- El sistema Galileo
- GIOVE
- Interoperabilidad entre los sistemas GPS y Galileo
- Algoritmos multifrecuencia y multiconstelación





# El futuro escenario GNSS

- GPS modernizado
- GLONASS
- Galileo
- BEIDOU-2/COMPASS
- SBAS





# El futuro escenario GNSS

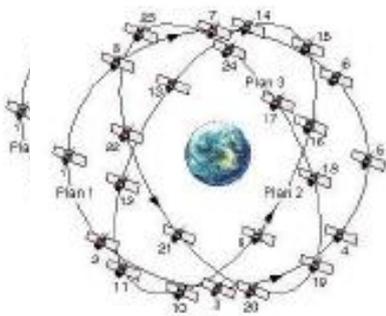
- Sistemas de navegación operativos actualmente que han empezado su modernización
  - GPS (americano)
  - GLONASS (ruso)
  
- Sistemas de navegación en vías de desarrollo
  - COMPASS (chino)
    - Será una extensión global del actual Beidou-1 formado por 3 satélites geoestacionarios cubriendo el territorio asiático
    - En septiembre de 2012 dispone de 16 satélites
  
  - Galileo (europeo)
    - En la actualidad está en período de validación (GIOVE, IOV)
    - En órbita los 4 primeros satélites Galileo





# El futuro escenario GNSS

	Núm. satélites actual	Núm. satélites futuro	Frecuencias	Operabilidad Total
GLONASS	23	24	G1, G2, G3	2011
Galileo	2 + 2	27 + 3	E1, E5, E6	2014
GPS Modernizado	9 + 22	32	L1, L2, L5	2018
COMPASS	9	35	B1, B2, B3	2020



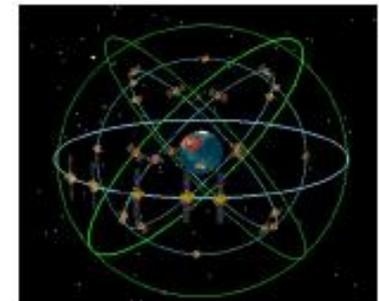
GLONASS



Galileo



GPS



COMPASS



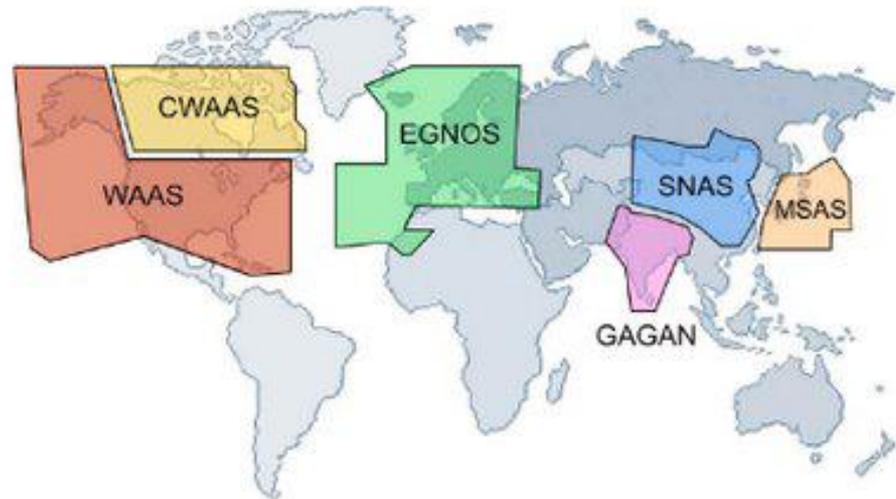
# SBAS : Satellite Based Augmentation System

- Actuales sistemas SBAS:

- WAAS: Wide Area Augmentation System (americano)
- EGNOS: European Geostationary Navigation Overlay Service
- MSAS: Multifunctional transport Satellite Augmentation System (japonés)
- GAGAN: GPS/GLONASS Geostationary Augmented Navigation (indio)

SBAS	Satellite	Longitude	PRN
EGNOS	Inmarsat-3-F2/ AOR-E	15.5°W	120
	ESA Artemis	21.5°E	124
	Inmarsat-3-F5/ IOR-W	25°E	126
GAGAN	INSATNAV <sup>(1)</sup>	55°E	128
	GSAT-4 <sup>(2)</sup>	82°E	127
MSAS	MTSAT-1R	140°E	129
	MTSAT-2	145°E	137
WAAS	Inmarsat-3-F3/ POR	178°E	134
	Inmarsat-3-F4/ AOR-W	142°W	122
	Intelsat Galaxy XV	133°W	135
	TeleSat Anik F1R	107.3°W	138

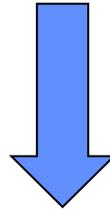
<sup>(1)</sup> To be launched 2008      <sup>(2)</sup> To be launched 2007





# El futuro escenario GNSS

- Todos los sistemas de navegación futuros deberían funcionar
  - Independientemente de los demás
  - Interoperar con cada uno de los demás mejorando las capacidades de cada constelación por sí sola
  - Tres frecuencias serán transmitidas por cada uno de los sistemas



Sistema de navegación multiconstelación y multifrecuencia





# Beneficios de un sistema multifrecuencia y multiconstelación

- Debería mejorar el posicionamiento debido a que:
  - La señal tiene mejores propiedades de correlación y de protección frente a posibles interferencias
  - El aumento del número de observaciones implica mayor redundancia
  - Permite crear nuevas combinaciones lineales para modelar el efecto ionosférico
  - Permite crear nuevas combinaciones lineales para la resolución de las ambigüedades de fase y la corrección de saltos de ciclo





# Datos

- Se trabaja en formato Rinex 3.0

File Types	All platforms uncompressed	UNIX	VMS compressed	DOS
Obs Files	.yyO	.yyO.Z	.yyO_Z	.yyY
Obs Files (Hatanaka compressed)	.yyD	.yyD.Z	.yyD_Z	.yyE
GPS Nav Message Files	.yyN	.yyN.Z	.yyN_Z	.yyX
GLONASS Nav Message File	.yyG	.yyG.Z	.yyG_Z	.yyV
Galileo Nav Message File	.yyL	.yyL.Z	.yyL_Z	.yyT
Mixed GNSS Nav Message File	.yyP	.yyP.Z	.yyP_Z	.yyQ
GEO SBAS Nav Message Files	.yyH	.yyH.Z	.yyH_Z	.yyU
GEO SBAS Broadcast Files (sep. doc.)	.yyB	.yyB.Z	.yyB_Z	.yyA
Met Data Files	.yyM	.yyM.Z	.yyM_Z	.yyW
Clock Files (see sep.doc.)	.yyC	.yyC.Z	.yyC_Z	.yyK



# Formato Rinex 3.0

- Los satélites se identifican de la siguiente manera

snn

```
| |
| +-- nn: PRN (GPS, Galileo)
|      slot number (GLONASS)
|      PRN-100 (SBAS Geostationary)
|
+--- s: satellite system identifier
      G : GPS
      R : GLONASS
      S : SBAS payload
      E : Galileo
```





# Fichero RINEX de observación

System	Freq. Band	Frequency	Channel or Code	Observation Codes			
				Pseudo Range	Carrier Phase	Doppler	Signal Strength
GPS	L1	1575.42	C/A	C1C	L1C	D1C	S1C
			P	C1P	L1P	D1P	S1P
			Z-tracking and similar (AS on)	C1W	L1W	D1W	S1W
			Y	C1Y	L1Y	D1Y	S1Y
			M	C1M	L1M	D1M	S1M
			codeless	--	L1N	D1N	S1N
	L2	1227.60	C/A	C2C	L2C	D2C	S2C
			L1(C/A)+(P2-P1) (semi-codeless)	C2D	L2D	D2D	S2D
			L2C (M)	C2S	L2S	D2S	S2S
			L2C (L)	C2L	L2L	D2L	S2L
			L2C (M+L) <sup>1</sup>	C2X	L2X	D2X	S2X
			P	C2P	L2P	D2P	S2P
			Z-tracking and similar (AS on)	C2W	L2W	D2W	S2W
			Y	C2Y	L2Y	D2Y	S2Y
			M	C2M	L2M	D2M	S2M
			codeless	--	L2N	D2N	S2N
	L5	1176.45	I	C5I	L5I	D5I	S5I
			Q	C5Q	L5Q	D5Q	S5Q
			I+Q	C5X	L5X	D5X	S5X
	GLONASS	G1	1602+k*9/16	C/A	C1C	L1C	D1C





		$k = -7 \dots +12$	P	C1P	L1P	D1P	S1P
	G2	$1246 + k * 7 / 16$	C/A (GLONASS M) P	C2C C2P	L2C L2P	D2C D2P	S2C S2P
<b>Galileo</b>	E1	1575.42	A PRS	C1A	L1A	D1A	S1A
			B I/NAV OS/CS/SoL	C1B	L1B	D1B	S1B
			C no data	C1C	L1C	D1C	S1C
			B+C	C1X	L1X	D1X	S1X
			A+B+C	C1Z	L1Z	D1Z	S1Z
	E5a	1176.45	I F/NAV OS	C5I	L5I	D5I	S5I
			Q no data	C5Q	L5Q	D5Q	S5Q
			I+Q	C5X	L5X	D5X	S5X
	E5b	1207.140	I I/NAV OS/CS/SoL	C7I	L7I	D7I	S7I
			Q no data	C7Q	L7Q	D7Q	S7Q
			I+Q	C7X	L7X	D7X	S7X
	E5 (E5a+E5b)	1191.795	I	C8I	L8I	D8I	S8I
			Q	C8Q	L8Q	D8Q	S8Q
			I+Q	C8X	L8X	D8X	S8X
	E6	1278.75	A PRS	C6A	L6A	D6A	S6A
			B C/NAV CS	C6B	L6B	D6B	S6B
			C no data	C6C	L6C	D6C	S6C
			B+C	C6X	L6X	D6X	S6X
A+B+C			C6Z	L6Z	D6Z	S6Z	
<b>SBAS</b>	L1	1575.42	C/A	C1C	L1C	D1C	S1C
	L5	1176.45	I	C5I	L5I	D5I	S5I
			Q	C5Q	L5Q	D5Q	S5Q
			I+Q	C5X	L5X	D5X	S5X





# El sistema GPS

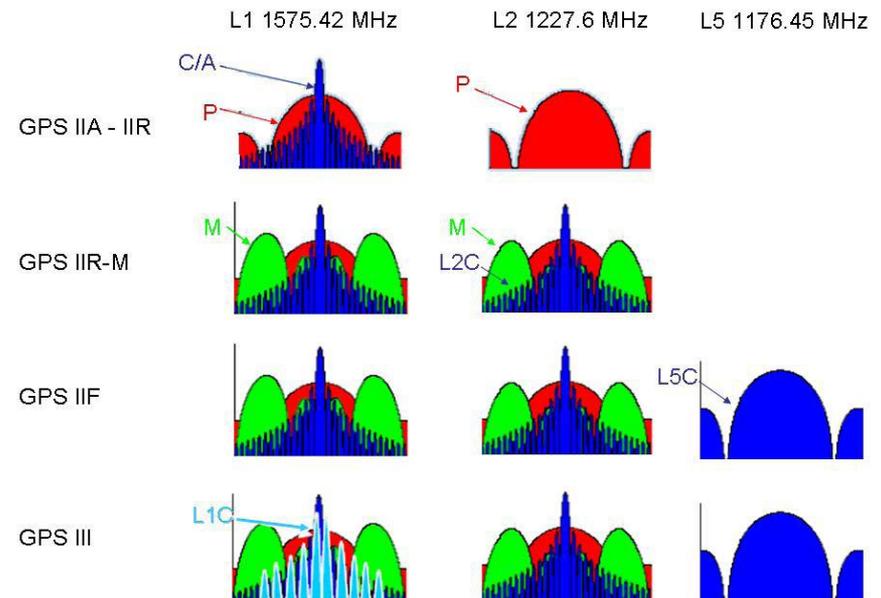
- Se declaró totalmente operativo en 1995 sustituyendo al sistema TRANSIT que estaba basado en la técnica DOPPLER
- Nació con fines militares pero pronto tuvo aplicaciones tanto civiles como militares
- En 1998 se anunció su modernización
- La modernización incluía una nueva señal civil sobre la portadora L2, L2C y una tercera señal civil en L5, L5C
- Actualmente la constelación GPS consta de 31 satélites distribuidos en seis planos orbitales con  $55^\circ$  de inclinación, una altitud de aproximadamente 20000 Km y un período de 12 horas



# GPS modernizado

- La modernización del sistema GPS empezó en los satélites del bloque IIR-M en el año 2005. Estos satélites disponían de la señal L2C para fines comerciales
- Los primeros satélites del bloque IIF estaban preparados para emitir las señales C/A, L2C y L5 para usos civiles así como los códigos P(Y) y M para usos militares

Block	Launch Period	Number of satellites	Still in service	Signal Acquisition
I	1978 - 1985	10	0	L1C/A, L1P, L2P
II	1989 - 1990	9	0	
IIA	1990 - 1997	19	11	
IIR	1997 - 2004	13	12	
IIR-M	2005 - 2009	8	7 + 1 unusable	L2C, M-code
IIF	28 May 2010	1	1	L5C





# GPS modernizado en la actualidad

- La señal L5 fue específicamente diseñada para las aplicaciones de seguridad
- El primer satélite que empezó a emitir en la L5 fue el SVN49/PRN01 del bloque IIR-M, el 24 de marzo de 2009. La señal L5 era buena pero la L1 presentaba un comportamiento anómalo
- En marzo de 2011 el satélite SVN49 fue clasificado como "no saludable"
- En la actualidad los satélites con PRN01 y PRN25 son los únicos que transmiten datos L5

(Bakker et al, 2011)





# Sistema Galileo

- Es un sistema de navegación totalmente europeo nacido de una iniciativa conjunta de la comisión europea y de la ESA
- Se caracteriza por se el primer sistema de posicionamiento global de uso civil
- El programa *Galileo* consta de las siguientes fases:
  - Definición. Terminada en 2003
  - Validación (IOV: In orbit Validation)
  - Operacional (FOC: Full Operational Capability)





# Fases

- Definición. Terminada en 2003
- Validación (IOV: In orbit Validation)
  - Verificación de la calidad del sistema a través de satélites experimentales (GIOVE-A y B) y una constelación reducida de 4 satélites Galileo operativos y su correspondiente infraestructura en Tierra
- Operacional (FOC: Full Operational Capability):
  - Incluye una fase intermedia con 18 satélites operativos (4 IOV + otros 14)
  - El sistema completo consiste en 30 satélites, centros de control situados en Europa, una red de estaciones permanentes y estaciones de unión distribuidas por todo el mundo





# Validación

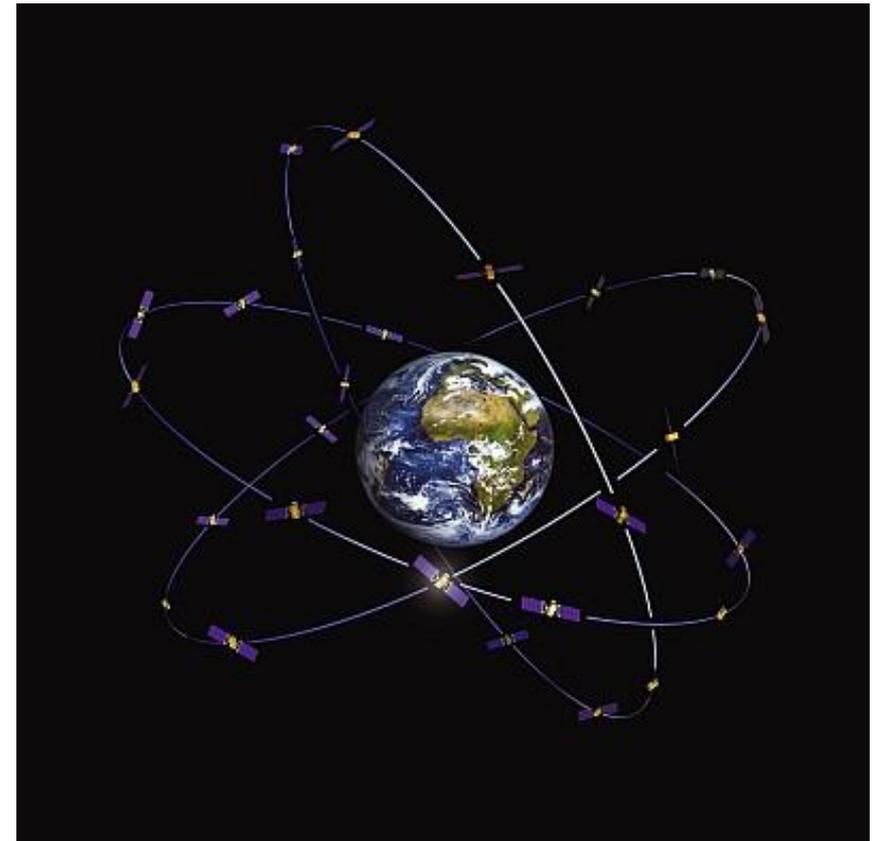
- Los satélites GIOVE-A y B fueron lanzados en Diciembre de 2005 y en Abril de 2008.
- Los primeros satélites Galileo de la miniconstelación de cuatro satélites se lanzaron en octubre de 2011
- El tercer y cuarto satélite de la miniconstelación se lanzaron el 12 de octubre de 2012
- Los primeros resultados de posicionamiento con 2 satélites Galileo y 2 Giove han sido publicados recientemente
- La misión de GIOVE-A se da por concluida en junio de 2012





## Segmento espacial

- Consistirá en 30 satélites (27 operativos + 3 de repuesto) situados en tres órbitas a uno 23222 Km de altitud. La inclinación de cada plano orbital será de  $56^\circ$  con respecto al ecuador de referencia.
- La inclinación se eligió para tener una buena cobertura por encima de los  $75^\circ$
- Desde cada punto de la Tierra será visibles de 6 a 8 satélites





## El segmento terrestre

- El Centro de Control de Galileo (GCC) se situará en territorio europeo y tendrá como misión controlar los satélites, calcular el mensaje de navegación y mandarlo a los satélites
- Una red global de sensores Galileo (Galileo Sensor Stations: GSS) recogerá las observaciones que serán enviadas al GCC mediante una red de comunicaciones
- El GCC usará los datos para calcular información de integridad y sincronizar las señales de tiempo de todos los satélites con los osciladores de Tierra
- El intercambio de información entre los centros de control y los satélites se realizará a través de las estaciones de unión

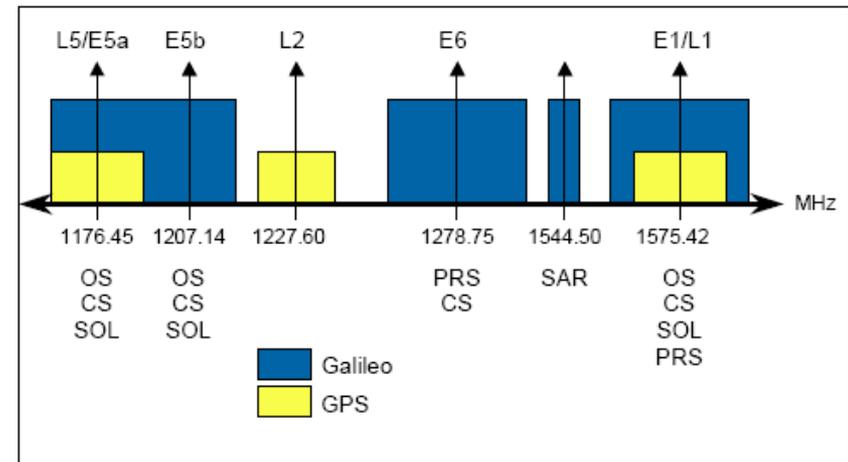




# Servicios

- Open Service (OS)
- Safety of Life (SoL)
- Commercial Service (CS)
- Public Regulated Service (PRS)
- Search and Public Rescue Service

Signal			Central Frequency [MHz]	Chip rate [Mchips/s]	Ranging Code encryption	Data Rate symbols [bit/s]	Data encryption	Reference Service
1	E5a-I	data	1176.45	10	None	50 (25)	None	OS/SoL
2	E5a-Q	pilot	1176.45	10	None	No data	No data	OS/SoL
3	E5b-I	data	1207.14	10	None	250 (125)	some	OS/SoL/CS
4	E5b-Q	pilot	1207.14	10	None	No data	No data	OS/SoL/CS
5	E6-A	data	1278.75	5	Government	tbd	Yes	PRS
6	E6-B	data	1278.75	5	Commercial	1000 (500)	Yes	CS
7	E6-C	pilot	1278.75	5	Commercial	No data	No data	CS
8	E2-L1-E1-A	data	1575.42	-	Government	tbd	Yes	PRS
9	E2-L1-E1-B	data	1575.42	2	None	250 (125)	some	OS/SoL/CS
10	E2-L1-E1-C	pilot	1575.42	2	None	No data	No data	OS/SoL/CS
11	L6 downlink	data	1544.10	-	-	-	-	SAR





# Servicios

- Open Service (OS)
  - abierto a todo el mundo sin ningún cargo
  - Permitirá obtener resultados de posicionamiento y tiempo
  - Interoperable con GPS y GLONASS
  - Sólo con dos frecuencias permitirá obtener posiciones en tiempo real con precisiones por debajo del metro
  
- Safety of Life (SoL)
  - Mejora las prestaciones del OS con mensajes de integridad
  
- Commercial Service (CS)
  - Mayor precisión
  - No es gratuito





# Servicios

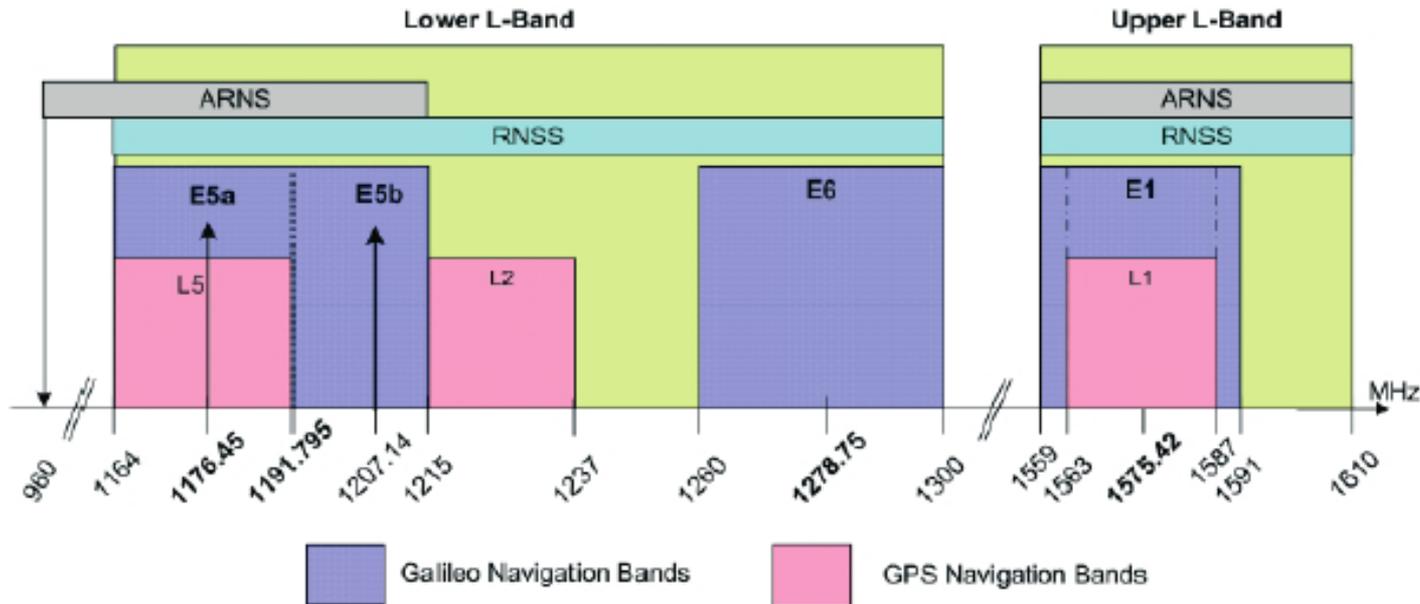
- Public Regulated Service (PRS)
  - Dará servicio de posicionamiento y tiempo a usuarios que requieran alta continuidad (aplicaciones gubernamentales)
  
- Search and Public Rescue Service (SAR)
  - Transmitirá globalmente mensajes de alerta que serán recibidos casi en tiempo real
  - Ayudará al posicionamiento en las operaciones de rescate





# La señal Galileo

- Por razones de interoperabilidad la frecuencia de la portadora E5a coincide con la L5 de GPS y E1 coincide con la L1 de GPS





## La señal Galileo

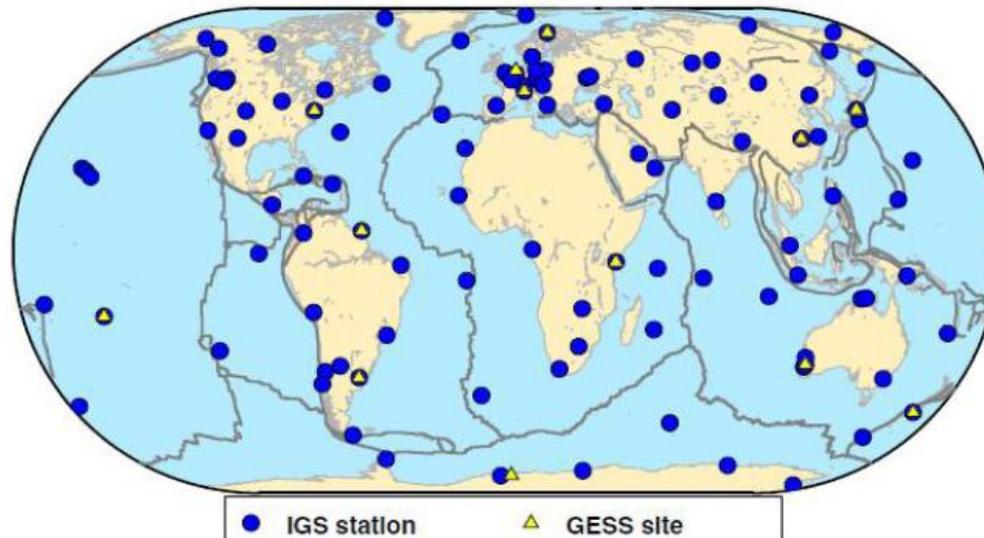
- La señal Galileo transmitirá también cuatro mensajes de navegación diferentes:
  - F/NAV: Free accesible NAVigation message, transmitido por el OS
  - I/NAV: Integrity NAVigation message transmitido por el CS y SoL
  - C/NAV: Commercial NAVigation message transmitido por el CS
  - G/NAV: Governammental NAVigation message transmitido por el PRS
- Todos los productos Galileo vendrán dados en marco de referencia GRTF (Galileo Terrestrial Reference Frame)





# GTRF

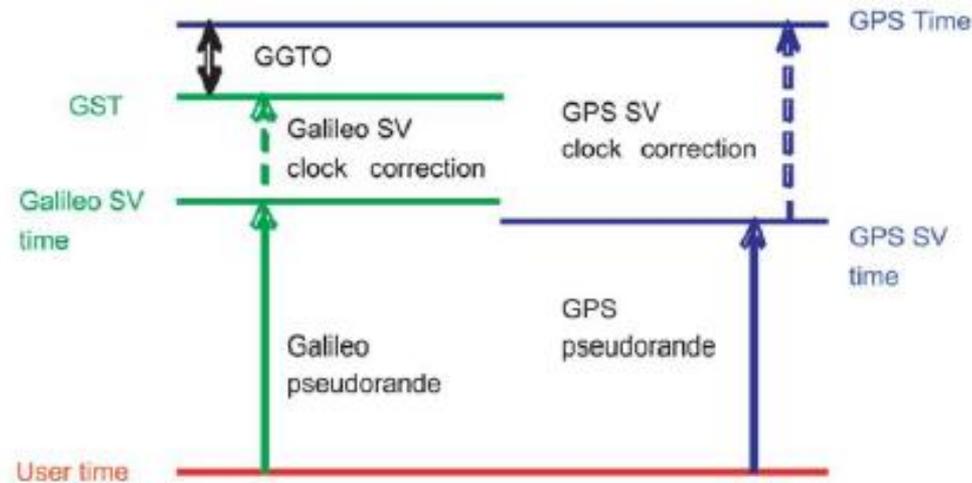
- Será una realización del ITRS y de ella se encarga el Galileo Geodetic Service Provider (GGSP)
- Está diseñado para ser compatible con el ITRF
- Las coordenadas de las estaciones GTRF serán idénticas a las del ITRF con una tolerancia de 3 cm (al 95% de confianza) para todos aquellos puntos que aparezcan en ambas realizaciones





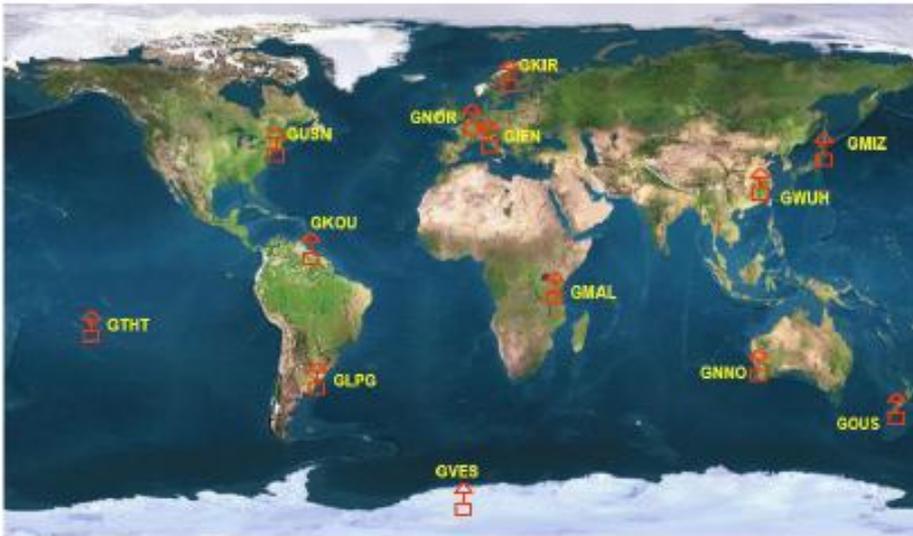
# Escala de tiempo Galileo

- Galileo usará su propio sistema de tiempo (Galileo System Time: GST) gobernado por el tiempo atómico internacional (TAI)
- El offset entre el GST y el TAI será de 50 ns



# La misión Giove

- Segmento espacial: GIOVE-A y GIOVE-B
- Segmento de control en tierra: estaciones de control y seguimiento
- Segmento de la misión en Tierra: GPC y 13 estaciones GESS





## GESS

- Cada estación GESS dispone de un receptor, una antena Galileo, un reloj atómico y un ordenador para almacenar datos GIOVE/GPS
- Las observaciones GIOVE y GPS de las estaciones GESS están disponibles en [www.giove.esa.int](http://www.giove.esa.int) para usuarios autorizados junto con las órbitas de los satélites GIOVE y GPS, los offsets de los osciladores, los sesgos de frecuencia, archivos de mantenimiento e informes periódicos sobre las operaciones realizadas en el GPC





## Características

- Tiene como objetivo probar la instrumentación a bordo de los satélites y el funcionamiento de las estaciones terrestres
- GIOVE-A y GIOVE-B han sido diseñados para transmitir simultáneamente dos de las tres frecuencias E1, E6 y E5 y va cambiando periódicamente
- Los códigos de GIOVE son diferentes a los futuros Galileo
- Las señales GIOVE son recibidas en distintas estaciones del mundo y distribuidas a través de GESS
- El GPC situado en ESA-ESTEC en Noordwijk dirige las actividades experimentales con los satélites GIOVE, recoge los datos a través de las estaciones GESS y calcula en tiempo casi real las órbitas e información de los osciladores a través del E-OSPF





# E-OSPF: Experimental Orbit Synchronisation Processing Facility

- Módulo ODTs (Orbit Determination and Time Synchronisation)
  - Determinación de la posición de la estación,
  - Cálculo de las órbitas de los satélites y offsets de los relojes,
  - Estimación del ISB,
  - Generación el mensaje de navegación experimental de los satélites GIOVE
- Módulo IONO
  - Estimación IFB
  - Cálculo de los parámetros del modelo de NeQuick
- El E-OSPF también se encarga de estimar el offset entre las escalas de tiempo GPS y Galileo (EGGTO)





# Interoperabilidad de los sistemas Galileo y GPS

- A nivel de marcos de referencia
- A nivel de escalas de tiempo
- A nivel de sesgos electrónicos





## A nivel de marcos de referencia

- Galileo y GPS usan distintos marcos de referencia para evitar fallos comunes
- Marcos de referencia:
  - Galileo: GTRF
  - GPS: WGS84
- A nivel de usuario no es necesario realizar una transformación de coordenadas entre las órbitas de los satélites Galileo y GPS





## A nivel de escalas de tiempo

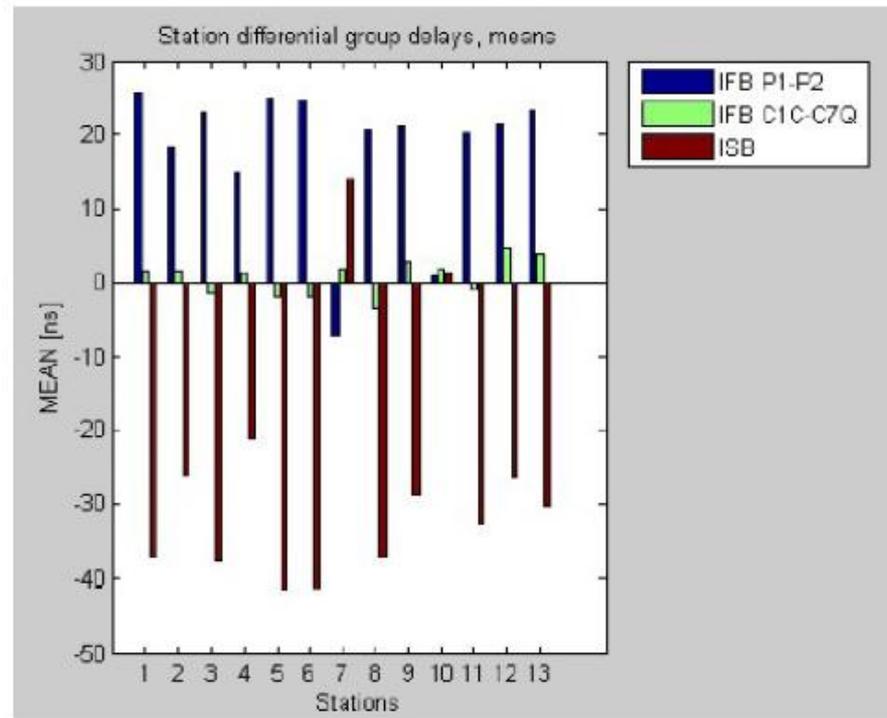
- Escalas
  - GPS: GPST
  - Galileo: GST
- El sesgo entre el GPST y GST se conoce como GGTO
- El GGTO se transmite en los mensajes de navegación GPS y Galileo
- Este offset debe ser aplicado a las observaciones cuando se quiera una solución combinada





## A nivel de electrónica

- Cuando se trabaja con distintos sistemas de satélites aparece un sesgo electrónico (ISB) debido a que las señales GPS y Galileo se procesan en distintas partes del receptor
- Son estimados en el GPC





# Algoritmos multifrecuencia y multiconstelación

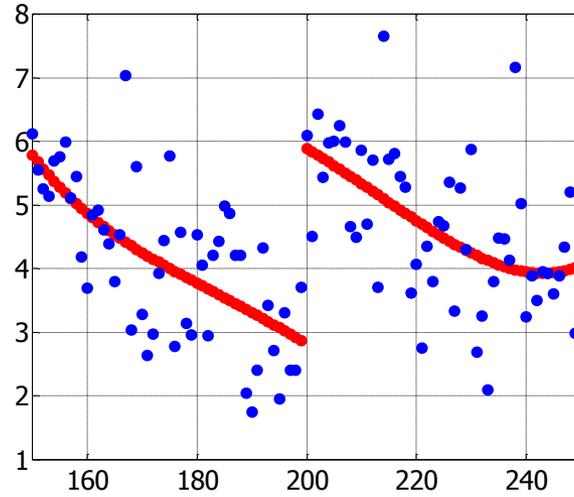
- Detección y corrección de saltos de ciclo
- Estudio de la ionosfera
- PPP
- Otros algoritmos





# Saltos de ciclo

- Salto de ciclo





# Saltos de ciclo

$$Y_i = a_i L_i + b_i C_1 + c_i C_2 + d_i C_3$$

with  $a_i = 1; b_i = c_i - \frac{4}{17}; d_i = -\frac{9}{17}$

$$\sigma_{Y_i} \approx 7.3 \text{ cm}$$

$$Y_4 = a_4 L_1 + b_4 L_2 + c_4 L_3$$

with  $a_4 = \frac{14}{65}; b_4 = -\frac{79}{65}; c_4 = 1$

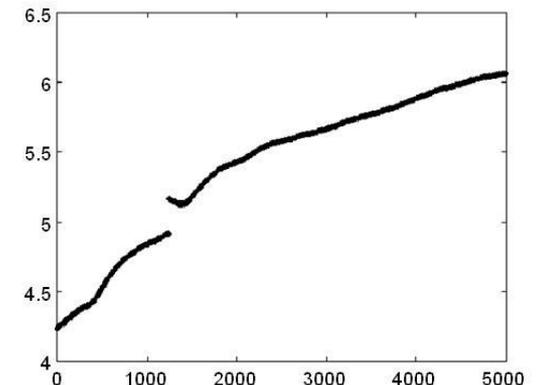
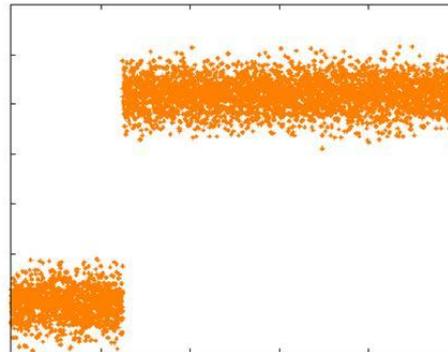
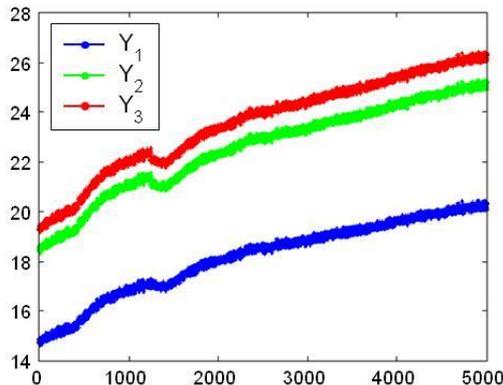
$$\sigma_{Y_4} \approx 3 \text{ mm}$$

$$Y_5 = a_5 L_1 + b_5 L_2 + c_5 L_3$$

with  $a_5 = 1; b_5 = -0.37; c_5 = -0.63$

$$\sigma_{Y_5} \approx 2.5 \text{ mm}$$

Un salto de (0, -1, -1) en la época 1250 se ve así

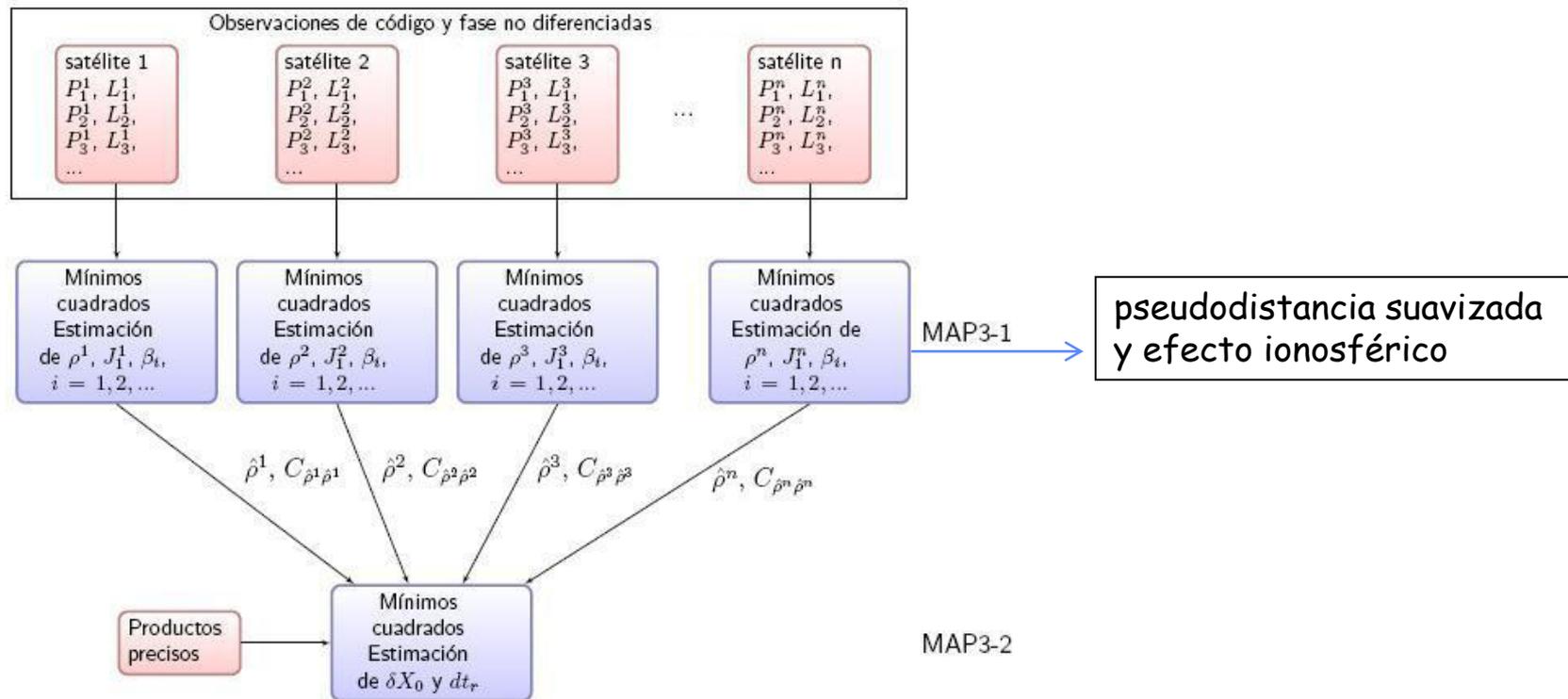


(Lacy et al, 2011)





# MAP3



(Moreno, 2012)





# MAP3

- Modelo matemático multifrecuencia

$$\begin{cases} P_k(t) = \rho(t) + K_{1k} J_1(t) + v_p(t) \\ L_k(t) = \rho(t) - K_{1k} J_1(t) + B_k + v_L(t) \end{cases}$$

donde  $k = L1, L2, L5, E1, E5a, E5b$

$\rho_j^i$  es la distancia satélite-receptor + efectos troposférico y de reloj

$J_{1j}^i$  es el efecto ionosférico en la primera frecuencia

$B_{kj}^i$  es la ambigüedad inicial

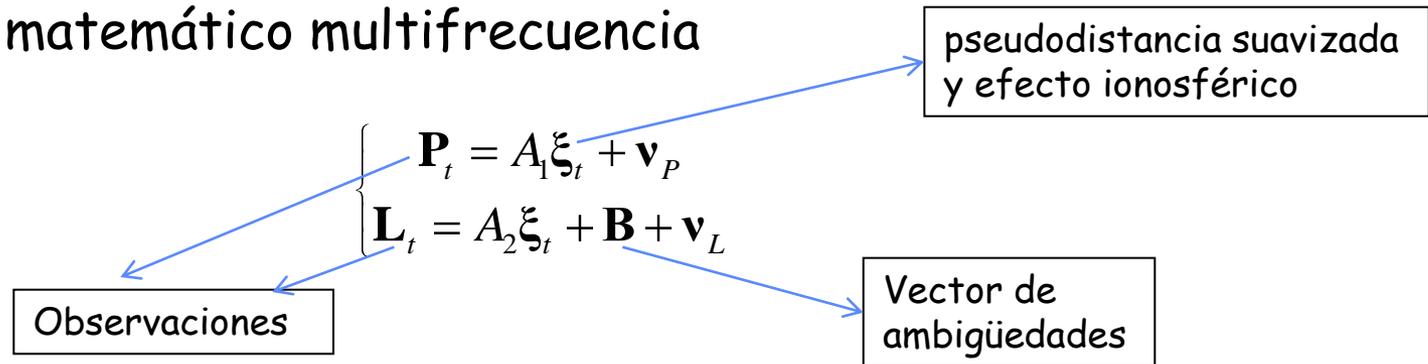
$$K_{1k} = f_1/f_k$$





# MAP3

- Modelo matemático multifrecuencia



siendo la matriz de diseño

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} \mathbf{A}_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \mathbf{A}_2 & 0 & 0 & \dots & \mathbf{I} \\ 0 & \mathbf{A}_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \mathbf{A}_2 & 0 & \dots & \mathbf{I} \\ \vdots & & & & \\ 0 & 0 & \dots & \mathbf{A}_1 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & \mathbf{A}_2 & \mathbf{I} \end{pmatrix} \quad \text{con} \quad \mathbf{A}_1 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & K_{12} \\ 1 & K_{13} \end{pmatrix} \quad \text{y} \quad \mathbf{A}_2 = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 1 & -K_{12} \\ 1 & -K_{13} \end{pmatrix}$$





# MAP3

- Mediante mmcc

$$\begin{aligned}\hat{\mathbf{B}} &= \frac{-1}{n_t} \sum_t \mathbf{D}^{-1} \mathbf{A}_2 \mathbf{N}^{-1} (\mathbf{A}'_1 \mathbf{Q}_P^{-1} \mathbf{P}_t + \mathbf{A}'_2 \mathbf{L}_t) + \frac{1}{n_t} \mathbf{D}^{-1} \sum_t \mathbf{L}_t = \\ &= -\mathbf{D}^{-1} \mathbf{A}_2 \mathbf{N}^{-1} (\mathbf{A}'_1 \mathbf{Q}_P^{-1} \bar{\mathbf{P}} + \mathbf{A}'_2 \bar{\mathbf{L}}) + \mathbf{D}^{-1} \bar{\mathbf{L}} = (\mathbf{D}^{-1} - \mathbf{D}^{-1} \mathbf{A}_2 \mathbf{N}^{-1} \mathbf{A}'_2) \bar{\mathbf{L}} - \mathbf{D}^{-1} \mathbf{A}_2 \mathbf{N}^{-1} \mathbf{A}'_1 \mathbf{Q}_P^{-1} \bar{\mathbf{P}}\end{aligned}$$

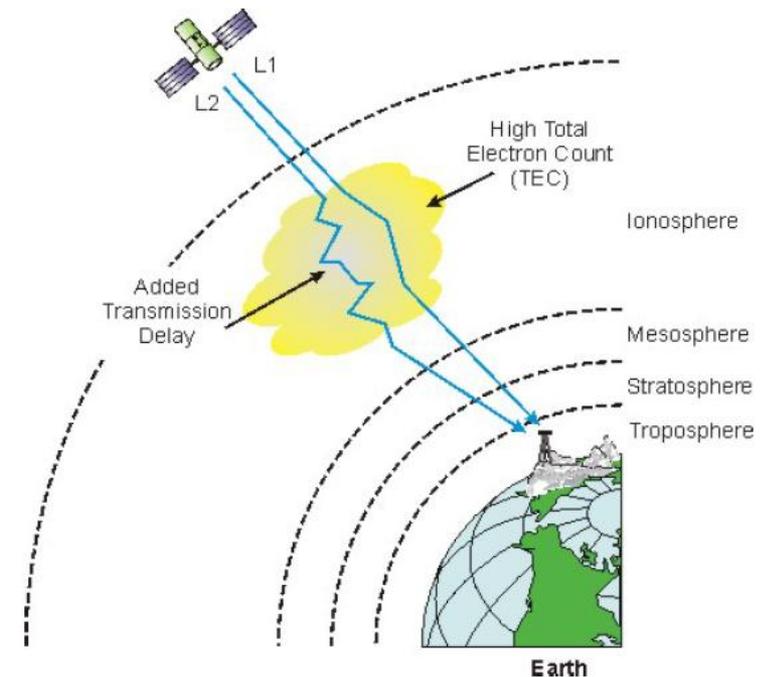
$$\hat{\xi}_t = \begin{pmatrix} \hat{\mathbf{p}}_t \\ \hat{\mathbf{j}}_t \end{pmatrix} = \mathbf{N}^{-1} (\mathbf{A}'_1 \mathbf{Q}_P^{-1} \mathbf{P}_t + \mathbf{A}'_2 \mathbf{L}_t) + \frac{1}{n_t} \mathbf{N}^{-1} \mathbf{A}'_2 \mathbf{D}^{-1} \mathbf{A}_2 \mathbf{N}^{-1} \sum_{t_i \neq t} \mathbf{A}'_1 \mathbf{Q}_P^{-1} \mathbf{P}(t_i) + \mathbf{A}'_2 \mathbf{L}(t_i) - \mathbf{N}^{-1} \mathbf{A}'_2 \mathbf{D}^{-1} \bar{\mathbf{L}}$$





## MAP3-1

- Permite estimar el efecto ionosférico
- Las irregularidades en la distribución del plasma ionosférico pueden dar lugar:
  - Centelleo o degradación significativa
  - Variaciones en el retraso ionosférico de la señal





## MAP3-1

- A partir del efecto ionosférico y se puede obtener

$$sTEC = \frac{f_1^2}{40.3} J_1^i$$

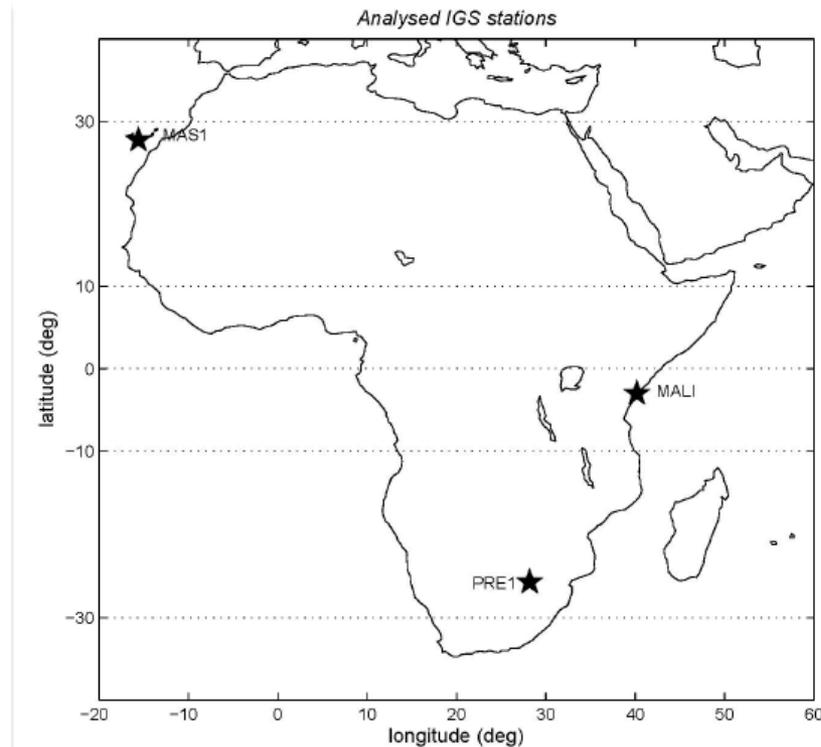
- Del sTEC se puede pasar al vTEC
- A partir del vTEC podemos calcular el ROT (Rate of TEC) como diferencia de dos valores consecutivos de vTEC





# Influencia del efecto ionosférico y PPP

- Estaciones de estudio: MALI, MAS1 y PRE1

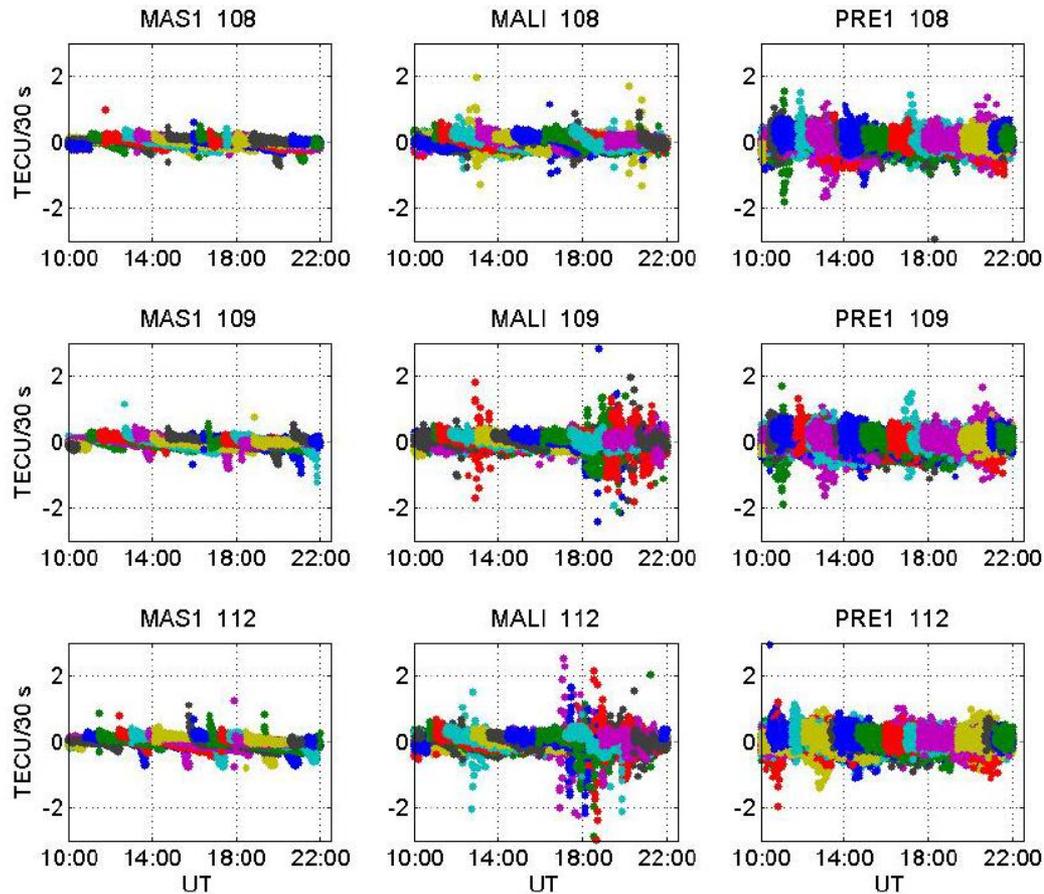


*Localización de las estaciones IGS analizadas*



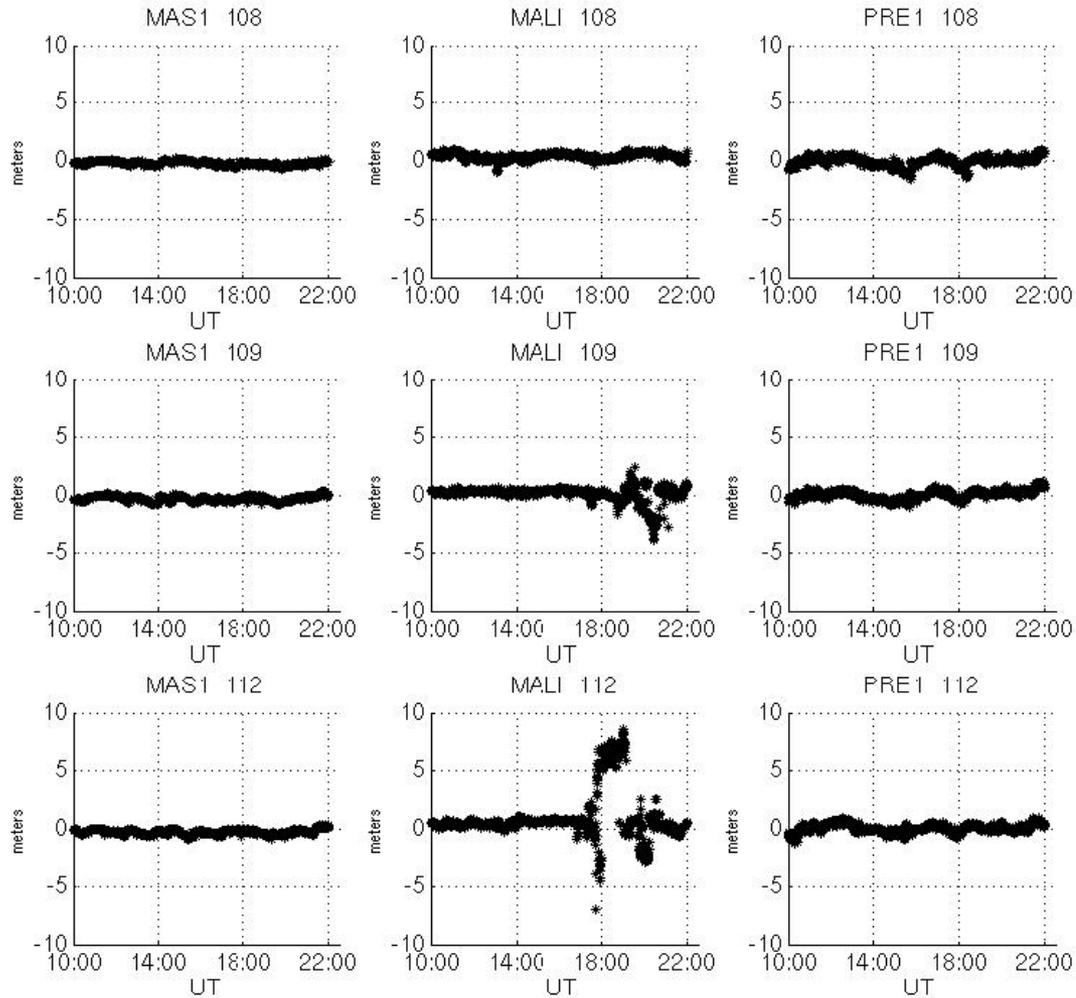


# Influencia del efecto ionosférico en PPP



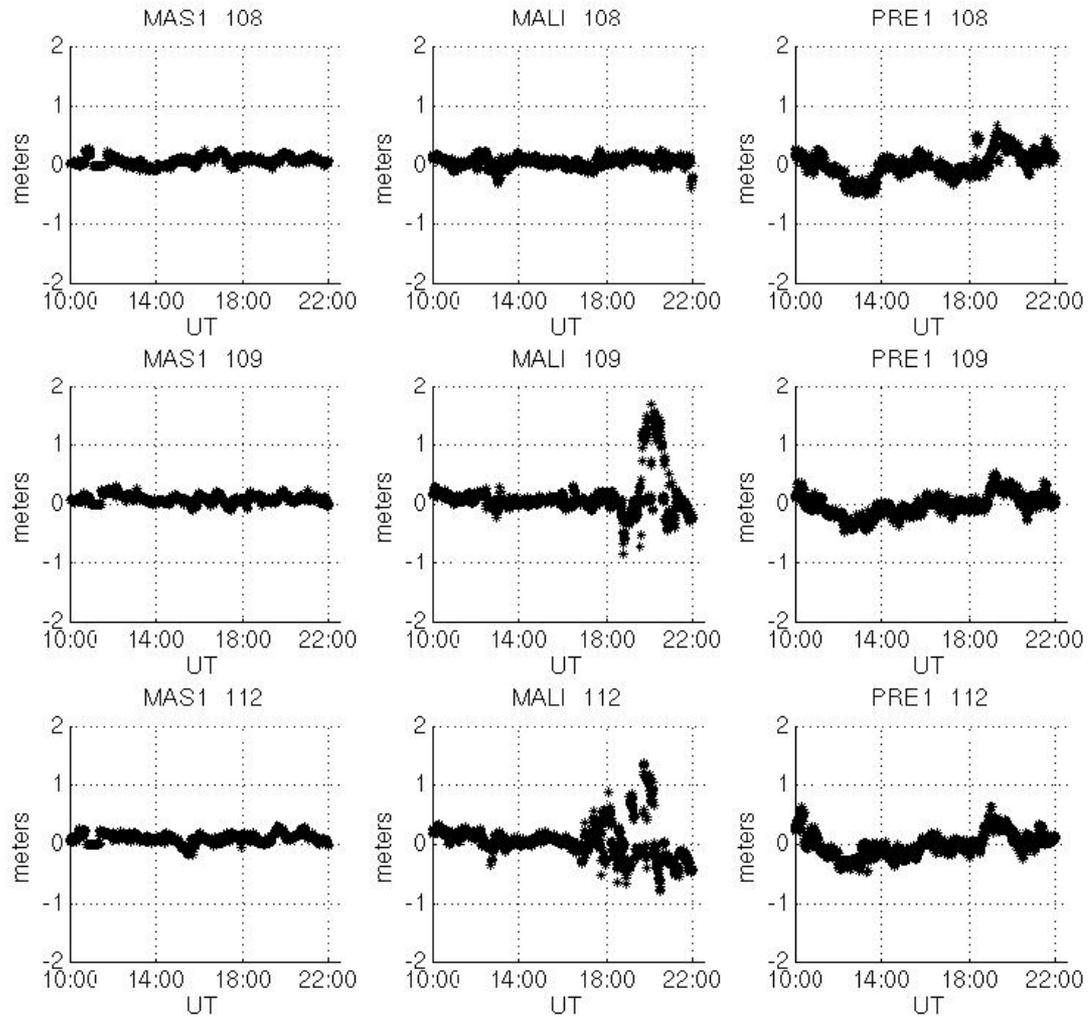


# Diferencias de altitud



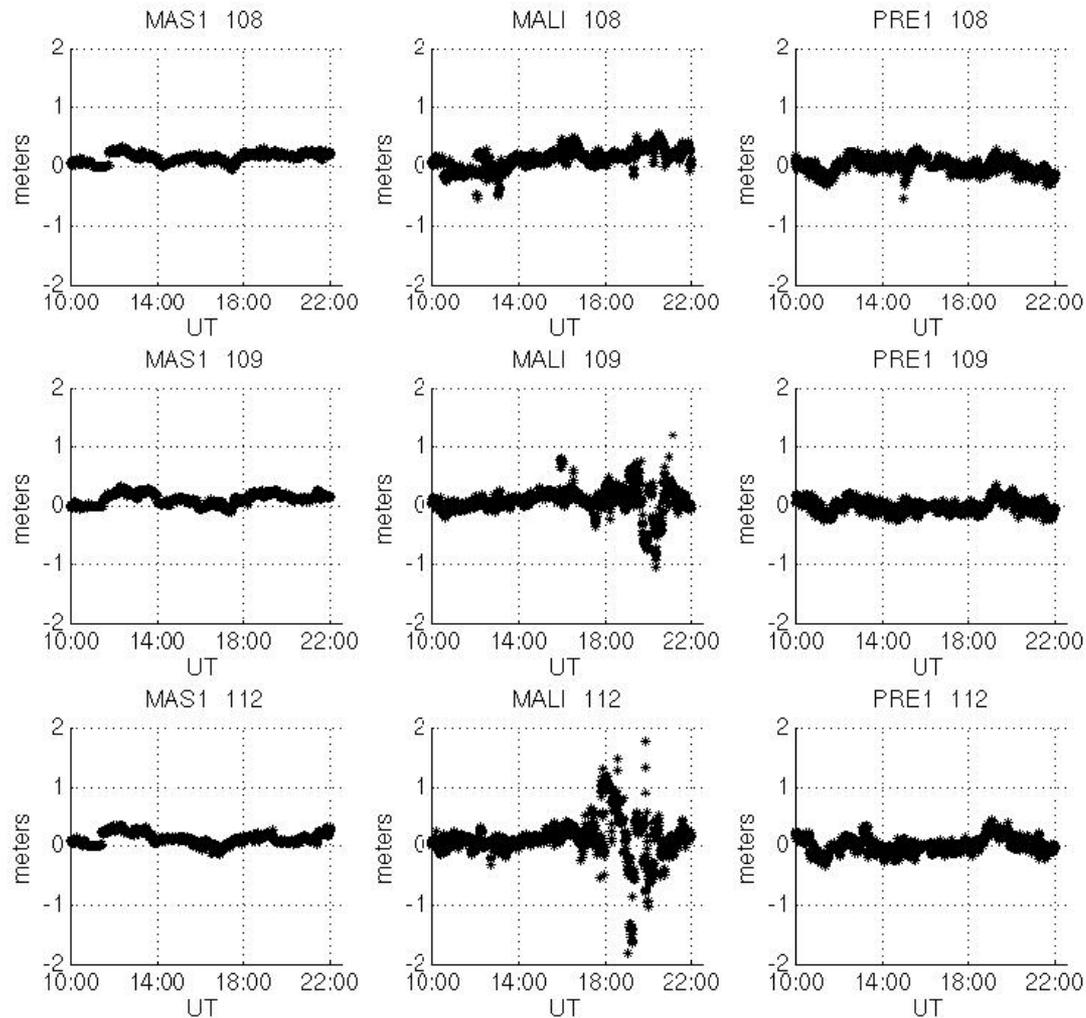


# Diferencias de latitud





# Diferencias de longitud



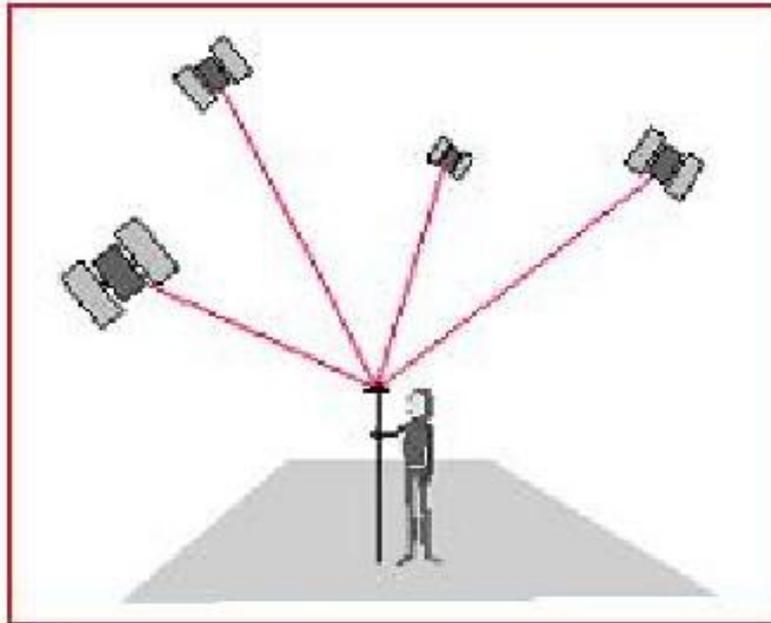
(Moreno et al, 2010)



# PPP y MAP3

- Programas de PPP

- CSRS-PPP (NRCan): [www.geod.nrcan.gc.ca](http://www.geod.nrcan.gc.ca)
- MagicGNSS (GMV): <http://magicgnss.gmv.com/>
- APPS (JPL): <http://apps.gdgps.net/>
- BSW v.5.0: <http://www.bernese.unibe.ch/>





## MAP3-2

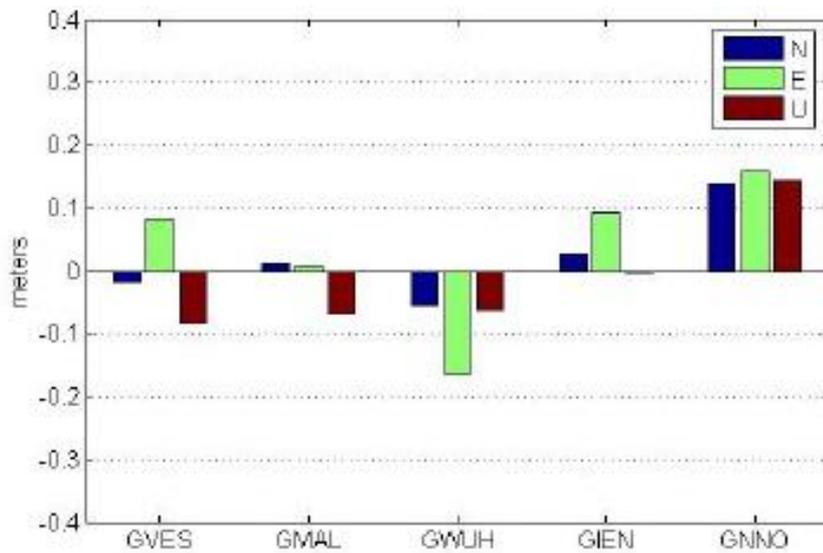
- Pruebas GPS + Giove
  - Estaciones GESS
  - GPS L1, L2 + GIOVE E1, E5b, E5a+b
  - 2 horas
  - Productos precisos del GPC
  - ISB estimados
  - DCB corregidos



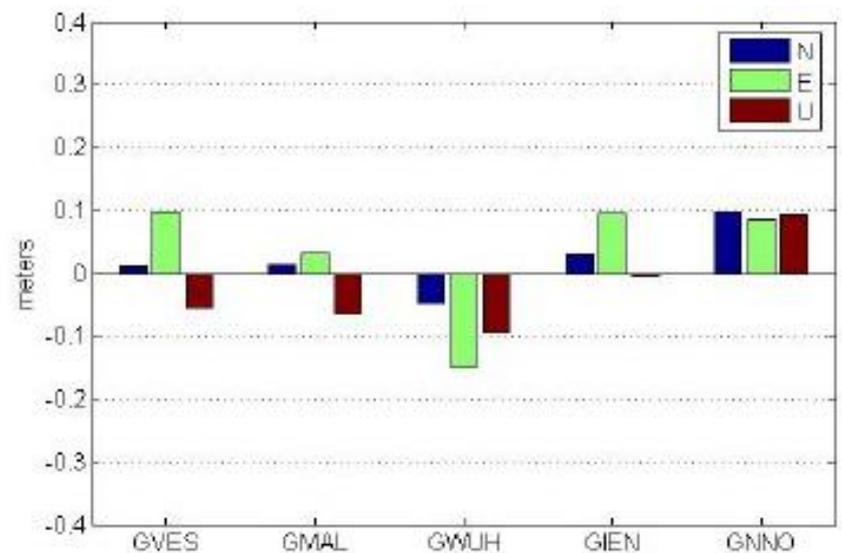


# MAP3-2

Sólo GPS



GPS + GIOVE



(Moreno, 2012)





## Otros algoritmos

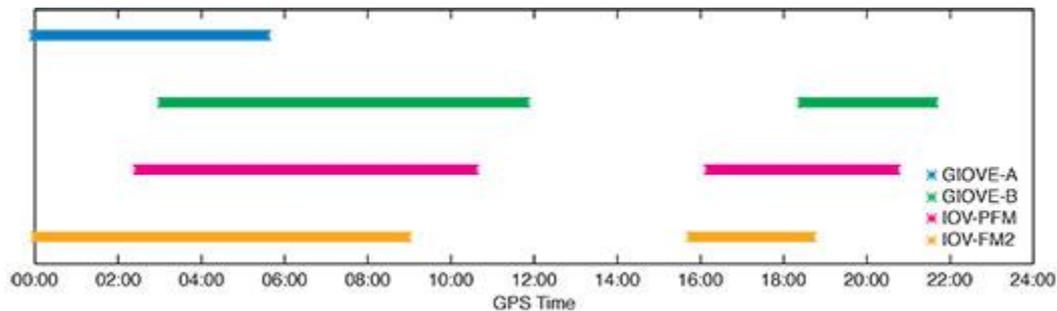
- Método TCAR y LAMBDA para la resolución de ambigüedades (Teunissen et al 2002)
- Resolución de ambigüedades GPS+Galileo (Odiijk et al 2012)
- Primeros resultados de posicionamiento Galileo (Langley et al, 2012)





## Primeros resultados de Galileo

- Se han publicado los primeros resultados de posicionamiento utilizando los satélites GIOVE-A, GIOVE-B y los dos satélites Galileo lanzados en 2011
- Estación UNB (University of Brunswick)
- Período de observación: 2 h 30 min del 17 de marzo de 2012



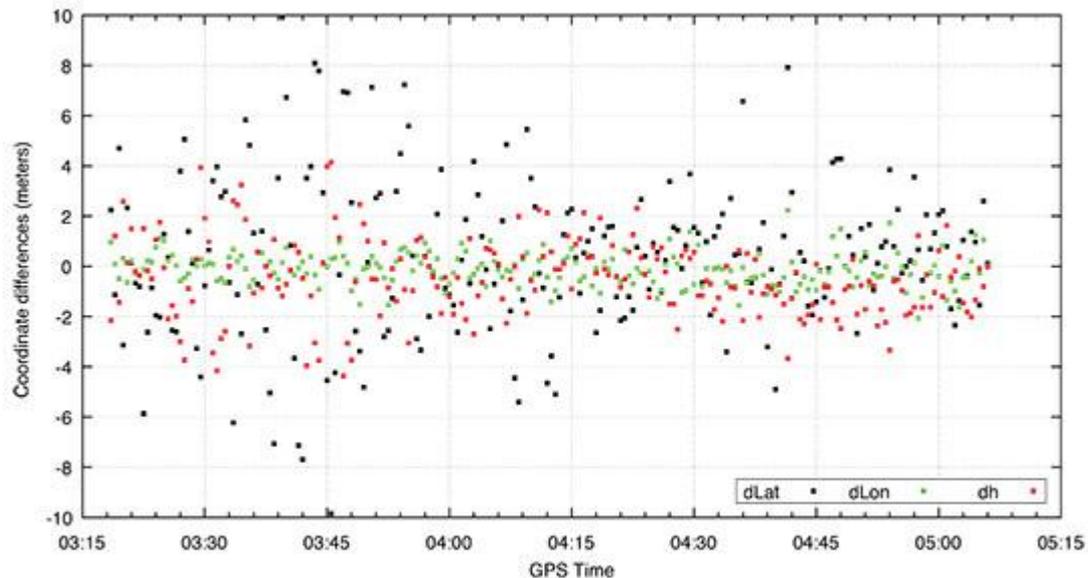
- Frecuencias: 2 en los satélites GIOVE y tres en los Galileo





## Primeros resultados de Galileo

- Solución basada en la combinación iono-free de códigos



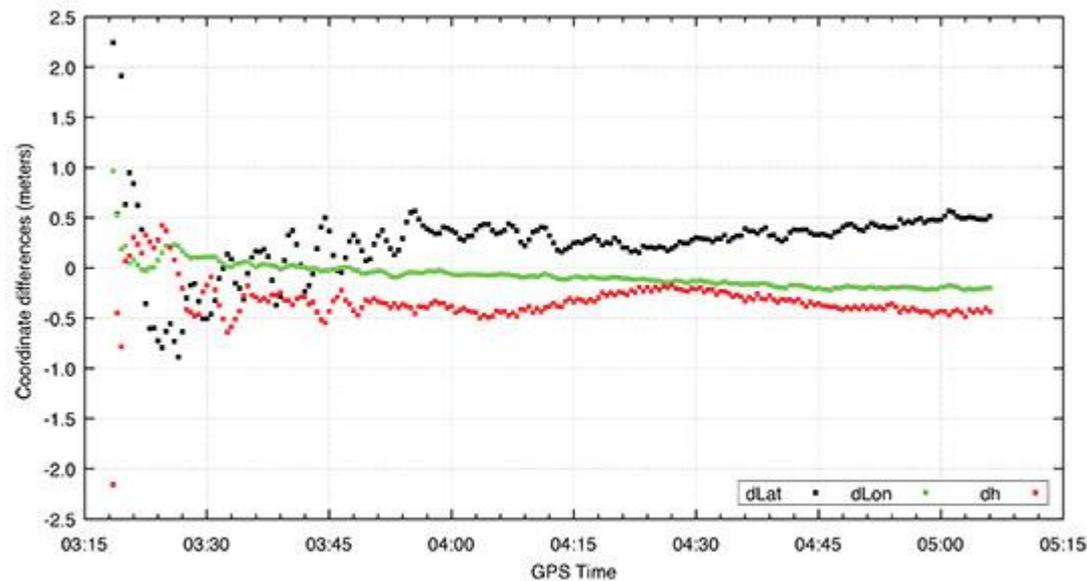
- Se han encontrado sesgos en los códigos C5X





# Primeros resultados de Galileo

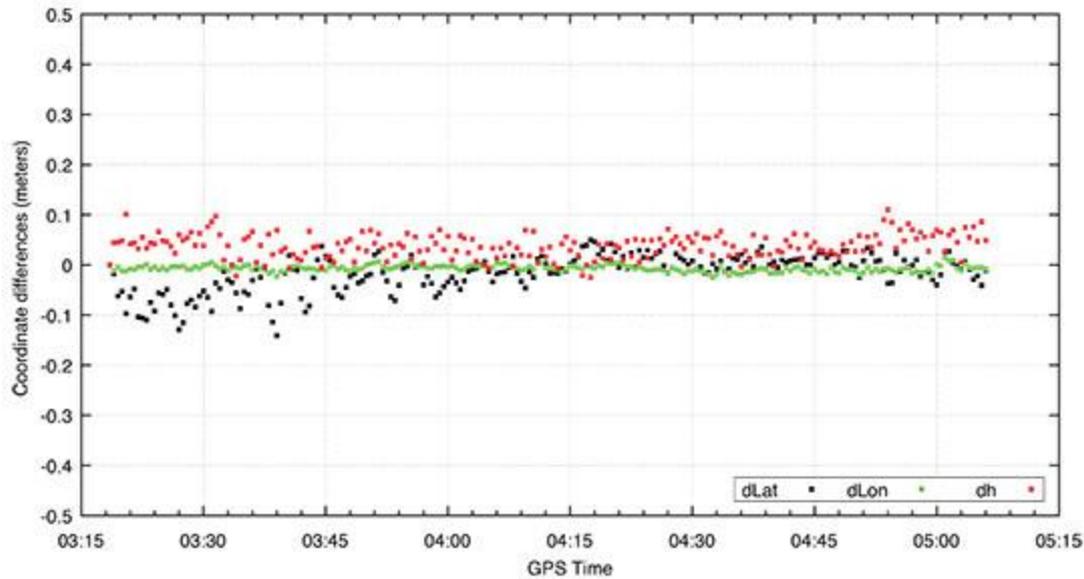
- Solución combinada con códigos y fases (combinación iono-free)





# Primeros resultados de Galileo

- Solución basada en fases



(Langley et al, 2012)





# Conclusiones

- Nos encaminamos a un escenario GNSS multifrecuencia y multiconstelación
- En la actualidad los distintos satélites de navegación están en fase de modernización o desarrollo
- El sistema Galileo tiene en órbita sus cuatro primeros satélites
- Se están generalizando algoritmos utilizados con el GPS al futuro escenario
- La falta de datos reales hace que por el momento no se tengan resultados concluyentes
- El análisis de los datos disponibles pone de manifiesto la importancia de las propiedades de los códigos





# Bibliografía

- P. F. de Bakker, C. C. J. M. Tiberius, H. van der Marel, and R. J. P. van Bree (2011). Short and zero baseline analysis of GPS L1 C/A, L5Q, GIOVE E1B, and E5aQ signals. *GPS Solutions*, doi: 10.1007/s10291-011-0202-3.
- M. Crisci, M. Hollreiser, M. Falcone, M. Colina, and J. Giraud (2007) GIOVE mission sensor station performance characterization: overview of the results. In *ION GNSS, 2007*.
- HOFMANN WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H; Wasle E. (2008). *GNSS: Global Navigation Satellite System*. Springer Verlag, Wien. New York.
- R. B. Langley, S. Banville, and P. Steigenberger (2012). First Results: Precise Positioning with Galileo Prototype Satellites. *GPS World*
- M. C. de Lacy, M. Reguzzoni, F. Sansò (2011). A real time method for cycle-slip detection and correction in triple frequency GNSS observations, *GPS Solutions*, (DOI 10.1007/s10291-011-0237-5)
- B. Moreno, S. Radicella, M. C. de Lacy, M. Herraiz, and G. Rodriguez-Caderot (2010). On the effects of the ionospheric disturbances on precise point positioning at equatorial latitudes. *GPS Solutions*, 15(4):381-390.
- B. Moreno, (2012). Desarrollo de algoritmos para el procesamiento de observaciones GNSS: su aplicación a los escenarios GPS modernizado y Galileo. Tesis doctoral (U.C.M.)
- D. Odijk, P. J. G. Teunissen, L. Huisman (2012). First results of mixed GPS + GIOVE single frequency RTK in Australia.. *Journal of Spatial Sciences*, Vol. 57 (1), pp. 3-18





# Bibliografía

- A. Simsky, D. Mertens, J. M. Sleewaegen, M. Hollreiser, and M. Crisci (2008). Experimental Results for the Multipath Performance of Galileo Signals Transmitted by GIOVE-A Satellite. International Journal of Navigation and Observation, Article ID 416380, doi: 10.1155/2008/41638.
- P. Teunissen, P. Joosten, C. Tiberius, "A comparison of TCAR, CIR and LAMBDA GNSS Ambiguity resolution," ION GPS 2002, Portland, United States, 24-27 September, 2002.
- W. Gurtner y L. Estey (2007). RINEX The Receiver Independent Exchange format Version 3.0
- [www.egnos-portal.gsa.europa.eu](http://www.egnos-portal.gsa.europa.eu)
- [www.giove.esa.int](http://www.giove.esa.int)

