

# Beneficios del Tracking SLR a las constelaciones GNSS



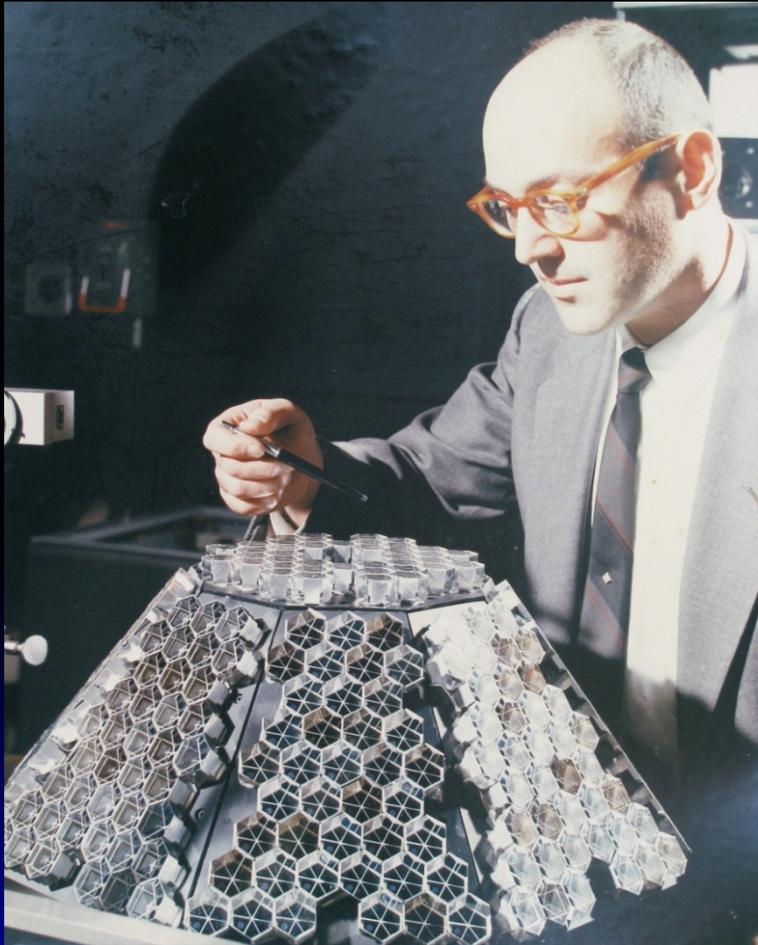
A. M. Pacheco<sup>1</sup>, R. Podestá<sup>1</sup>, S. Adarvez<sup>1</sup>, Z. Yin<sup>2</sup>, W. Liu<sup>2</sup>,  
E. Actis<sup>1</sup>, J. Quinteros<sup>1</sup>, H. Alvis Rojas<sup>1</sup> & José Alacoria<sup>1</sup>

1- Observatorio Astronómico Félix Aguilar. Universidad Nacional de San Juan. Argentina

2- National Astronomical Observatories of China, Chinese Academy of Sciences. China



Primera medición SLR: Satélite BEACON EXPLORER B,  
altura de ~ 1000 Km. NASA (1964)



Henry Plotkin

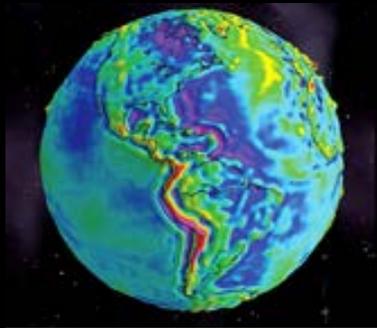
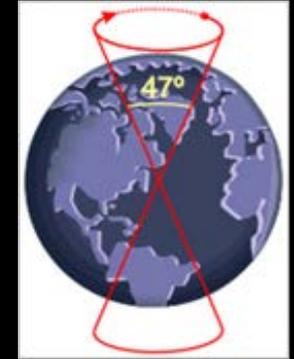
NASA 19th Whorkshop SLR



# Aplicaciones SLR

## Geodesia:

- *Determinación de los EOP*  
*Movimiento del Polo y Rotación Terrestre*
- Orbitas Precisas de Satelites Artificiales
- Sistemas de Referencia Celeste y Terrestre

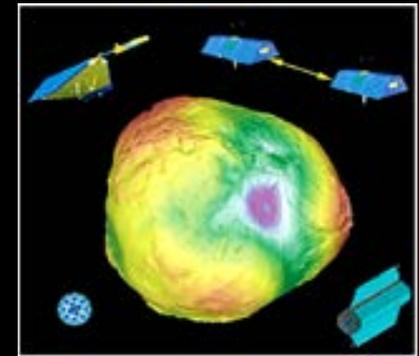


## Geofísica:

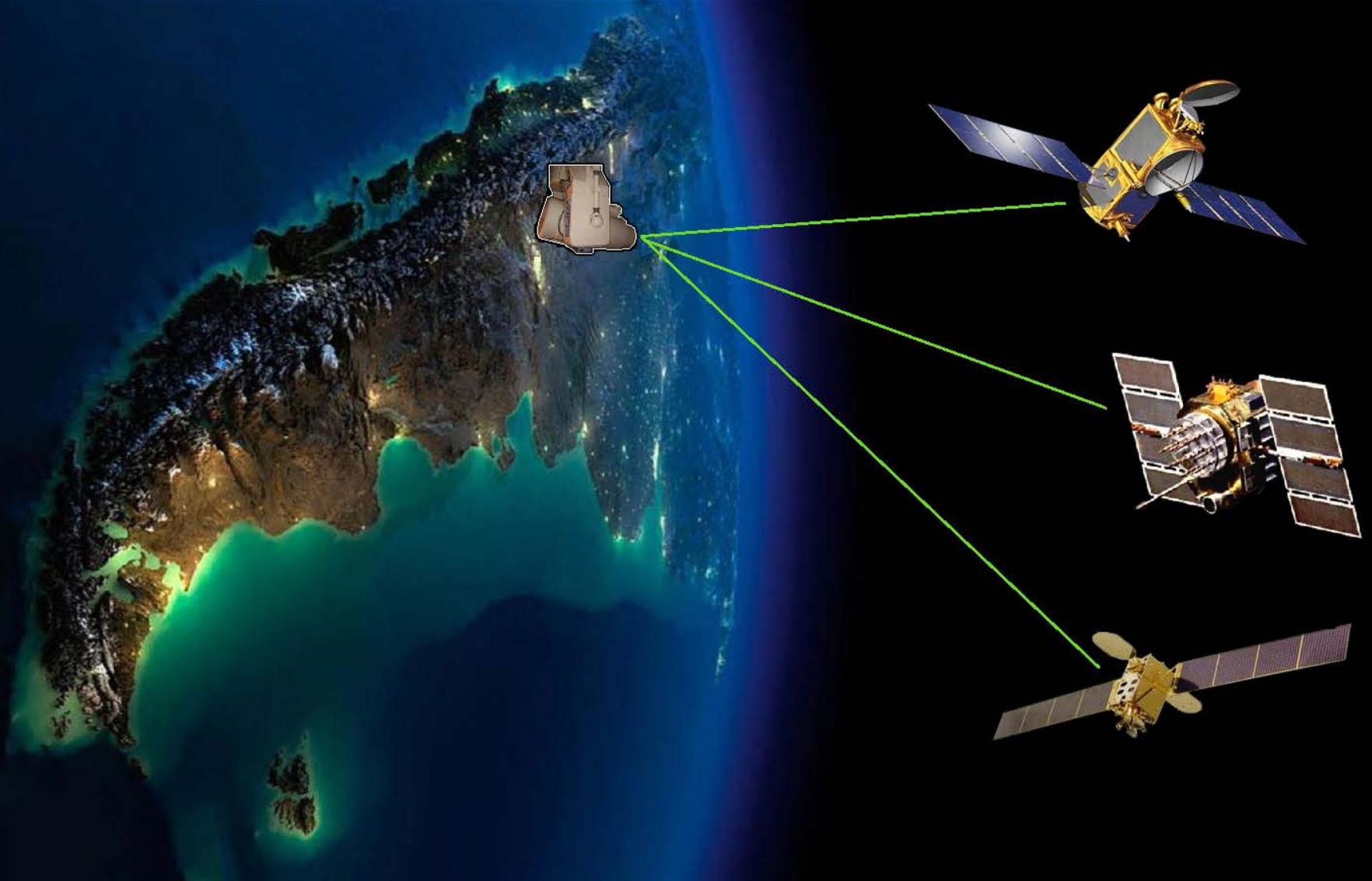
- Campo Gravitatorio Terrestre
- Fuerza Centrifuga
- Movimientos de Placas Tectónicas
- Sismicidad

## Geodesia:

- Geoide y forma de la Tierra
- *Deflexion de la Vertical*
- Mareas Terrestres
- *Geodinámica*
- Calibración de Receptores GPS



# Porque es importante el tracking SLR a las constelaciones GNSS?



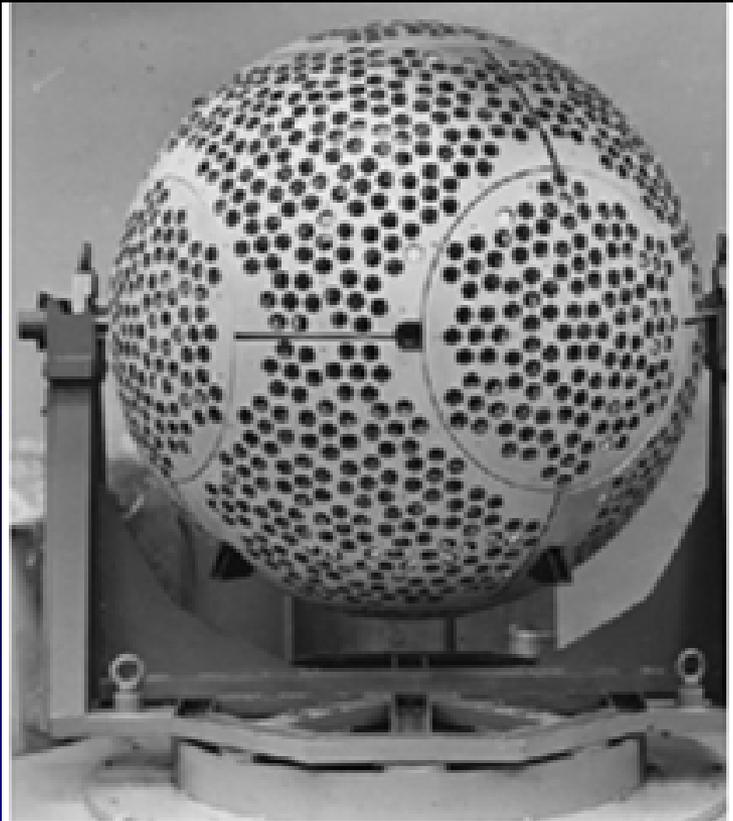
# Beneficios directos del tracking SLR a los GNSS

- SLR → **insensible a la ionosfera y con muy pequeña dependencia del vapor de agua atmosférico** → **calibración y validación de las órbitas GNSS.**
- Las observaciones SLR ayudarán al control de los relojes a bordo de los satélites
- El apoyo a las fases iniciales de las nuevas constelaciones GNSS
- La alineación de los marcos de referencia intrínsecos de cada uno de los marcos GNSS al ITRF.
- La habilitación de la interoperabilidad de los sistemas GNSS a través de una técnica de medición común y absolutamente independiente.
- Co-localización satelital GNSS-SLR

# Estrategia de Observación:

## 1) Observaciones SLR a Satélites Estándares:

- *ETALON*

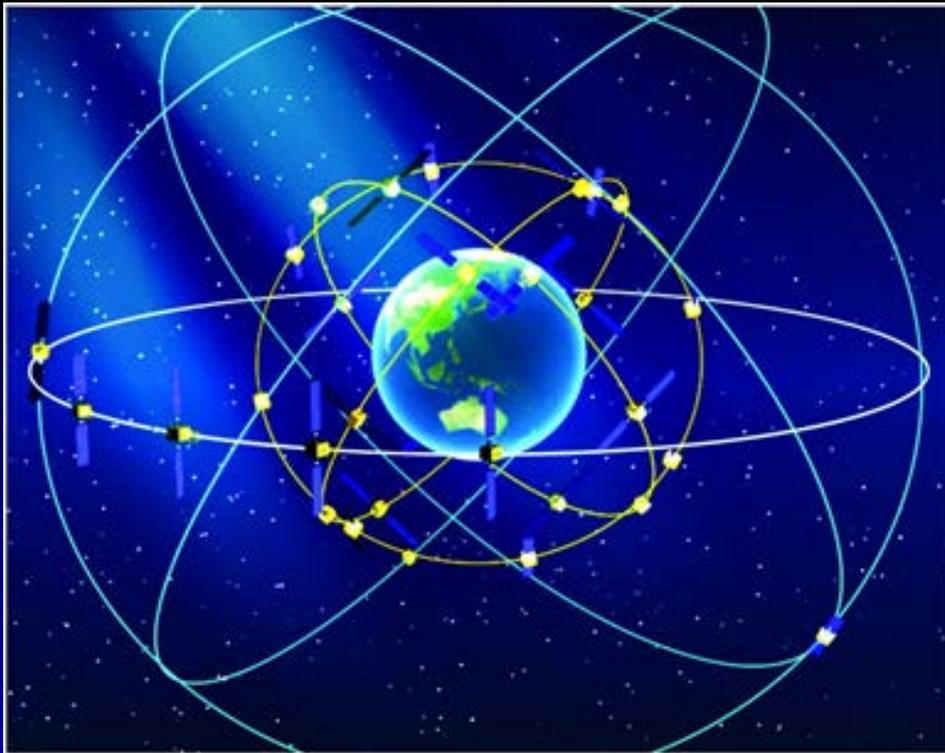


- *LAGEOS*



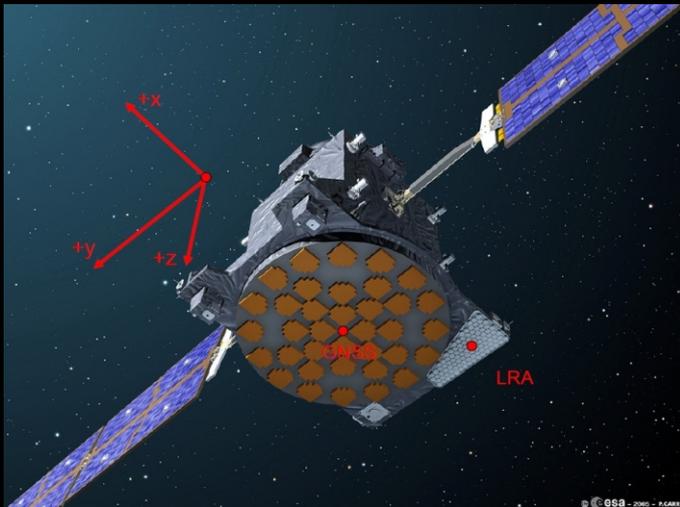
## 2) Observaciones SLR a satélites GNSS

- *GLONASS*

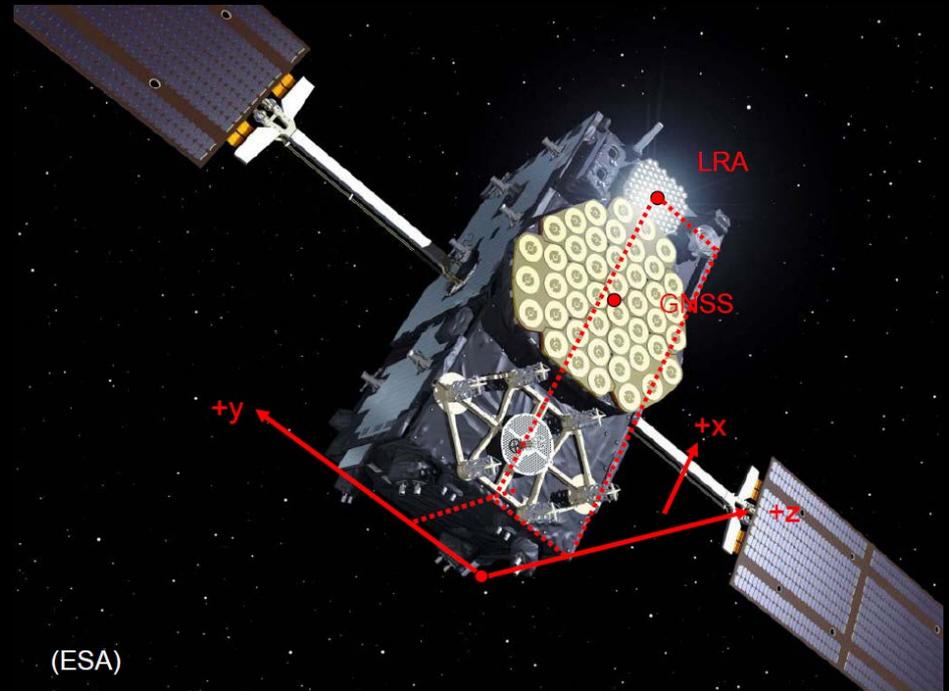


En la actualidad hay 30 satélites en órbita, de los cuales 24 están operativos a 19,100 Km de altura . Todos con LRA

# ● GALILEO

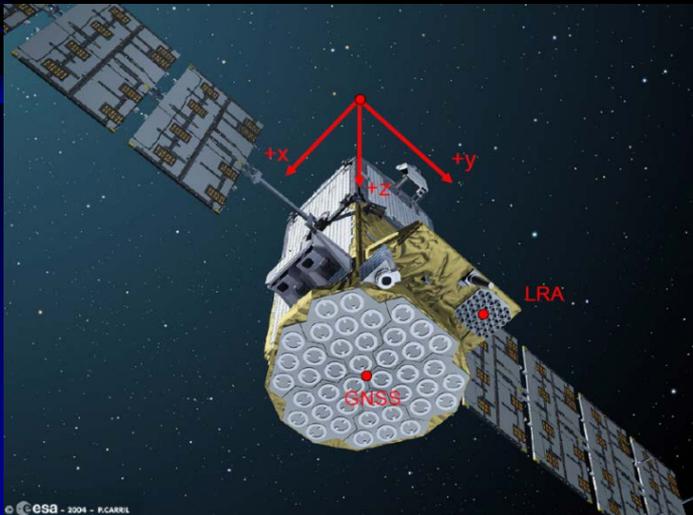


GIOVE A



(ESA)

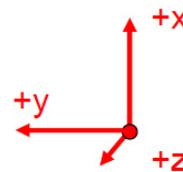
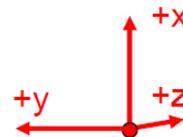
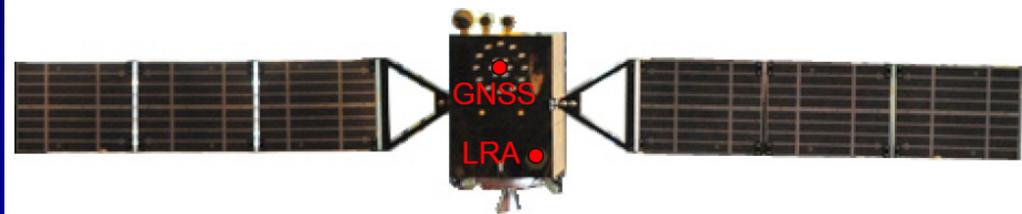
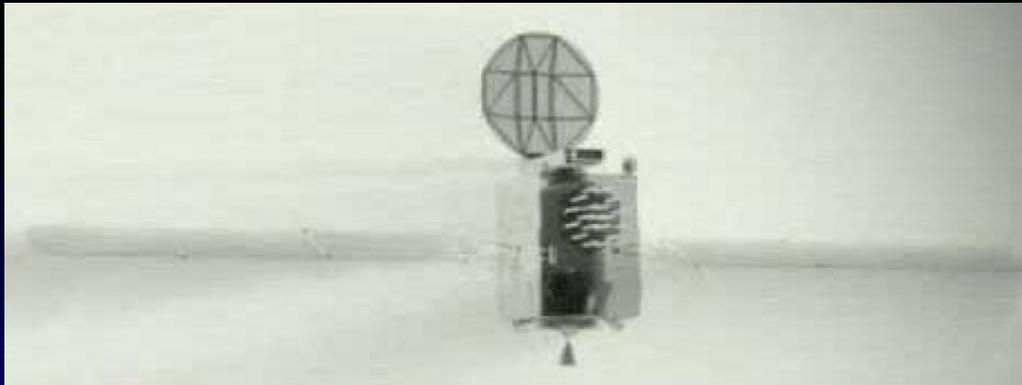
GALILEO I - V



GIOVE B

Sistema en Fase IV.  
Altura: 23220km  
Todos con LRA

- BeiDou



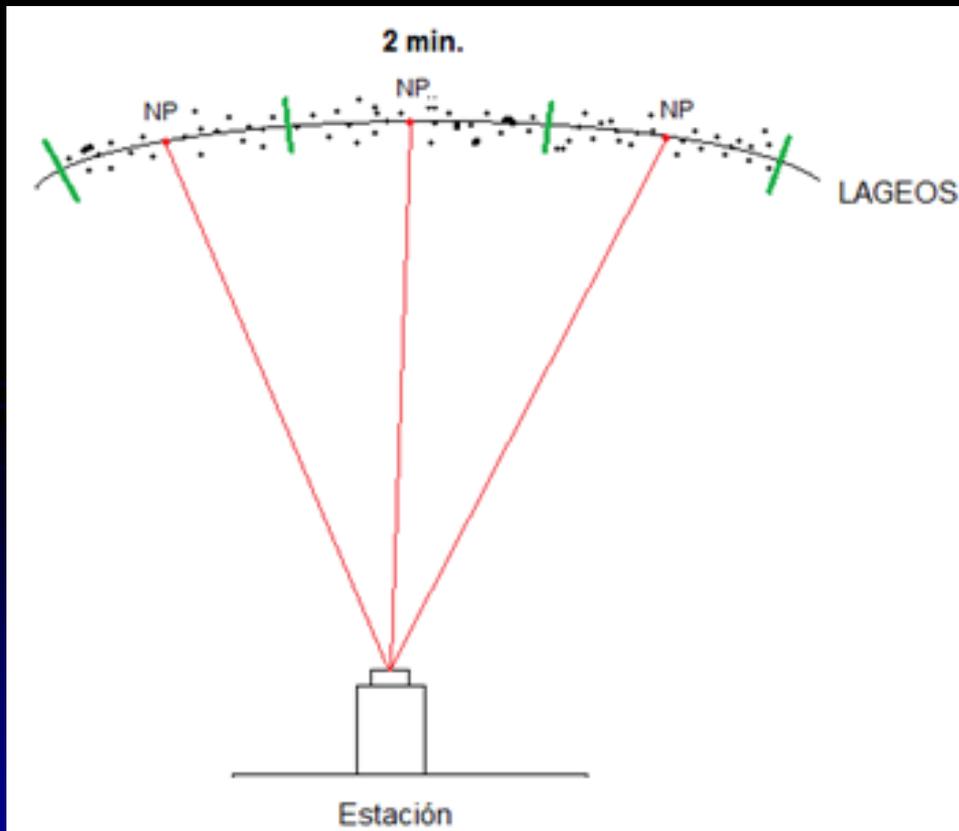
En la actualidad hay 16 satélites, 14 en servicio.

Altura: 21528km

Todos con LRA

# Descripción del observable SLR

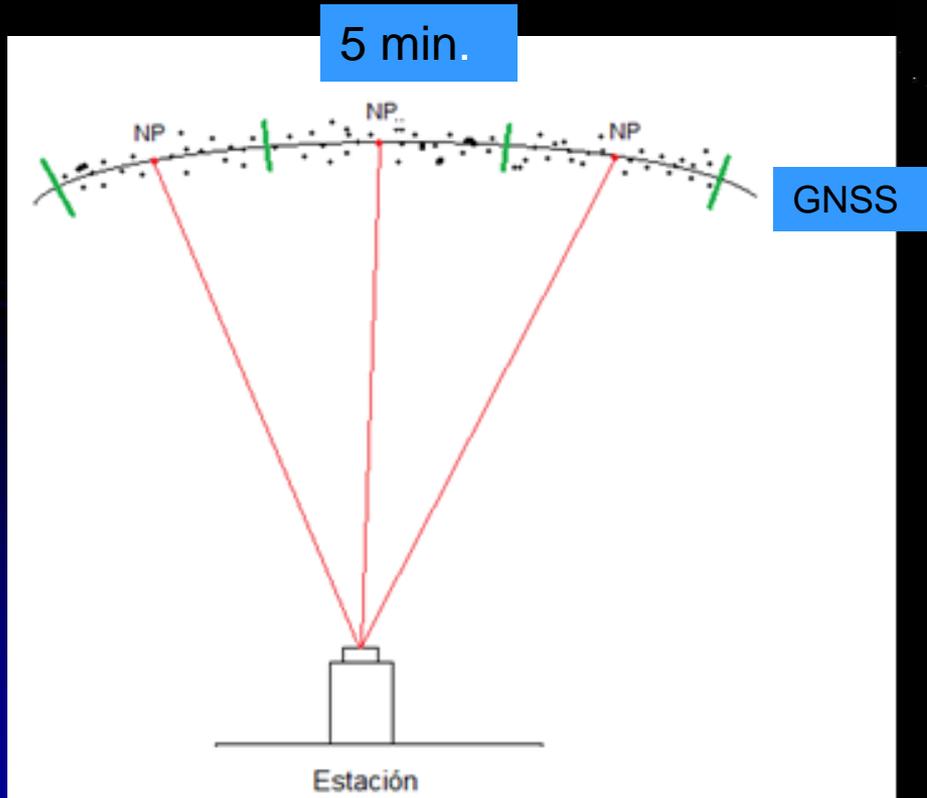
Los observables o datos primarios de una estación láser son los Puntos Normales (NP).



Puntos Normales que se definen como la distancia media Estación - Satélite determinada para un arco de órbita en un intervalo de tiempo específico que varía según el satélite observado.

## Método de Observación:

- Por cada Pass: 3 sets de NP distribuidos sobre el transito de los satélites (3 sectores)
- Longitud del NP: 5 minutos o 1000 puntos FR



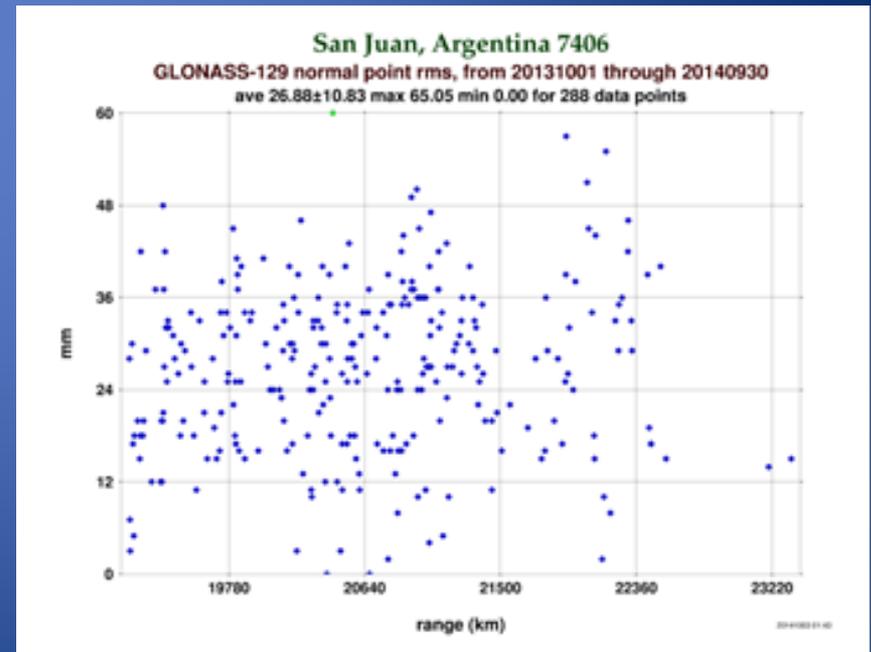
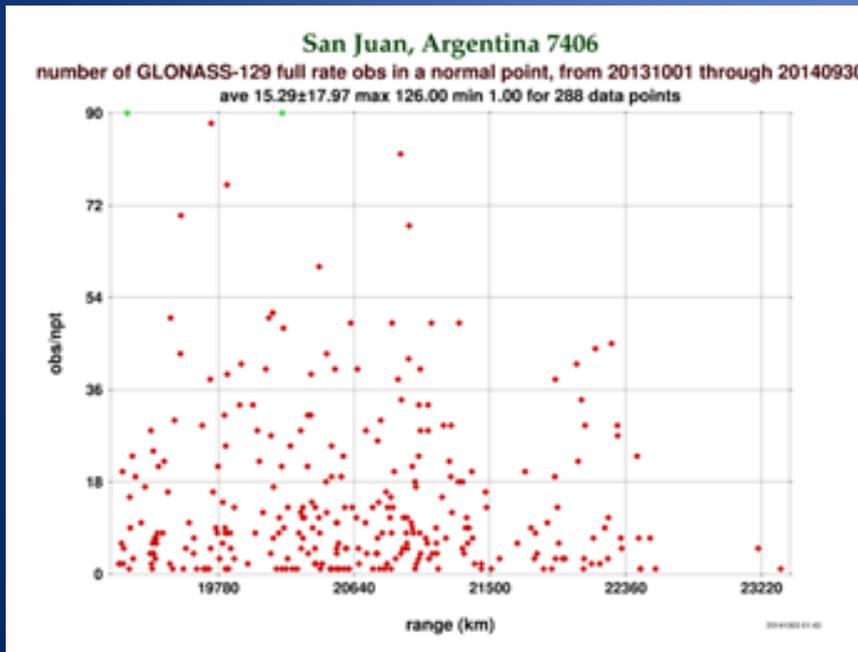
# Observables...

Nº de Observaciones

RMS

GLONASS

GLONASS 129

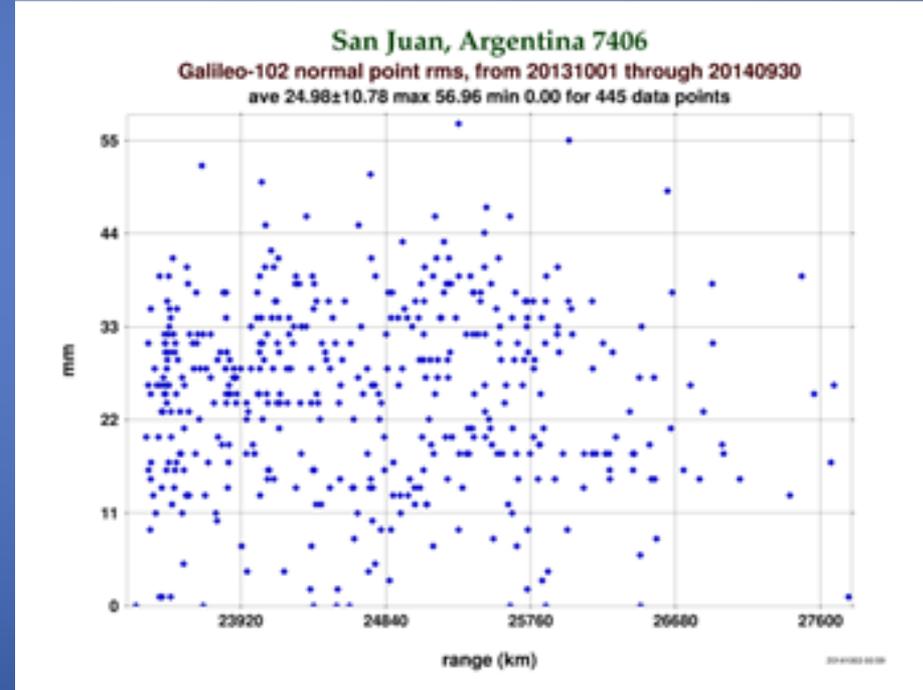
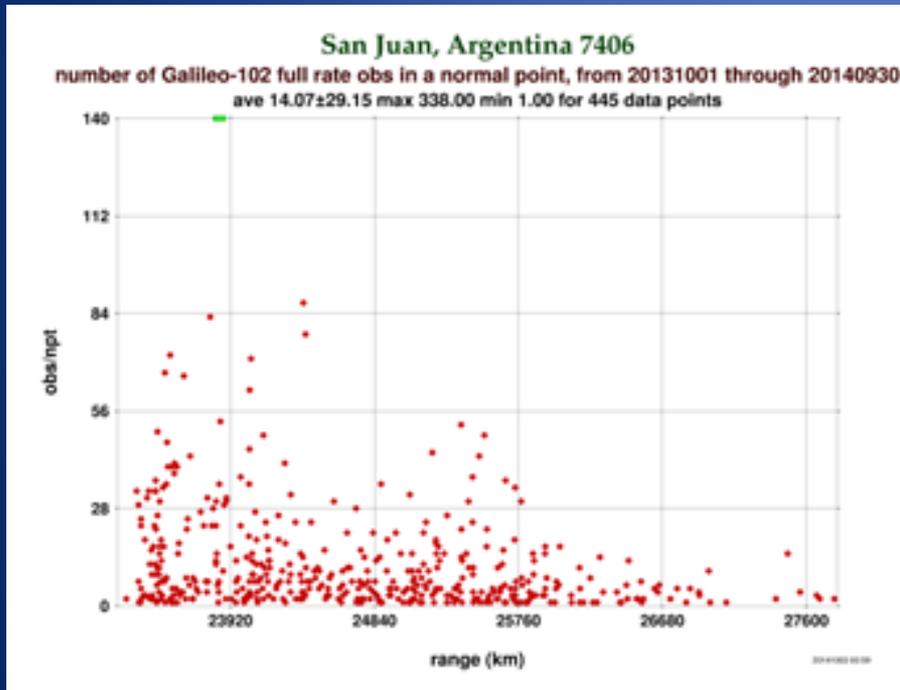


Nº de Observaciones

RMS

GALILEO

## GALILEO 102

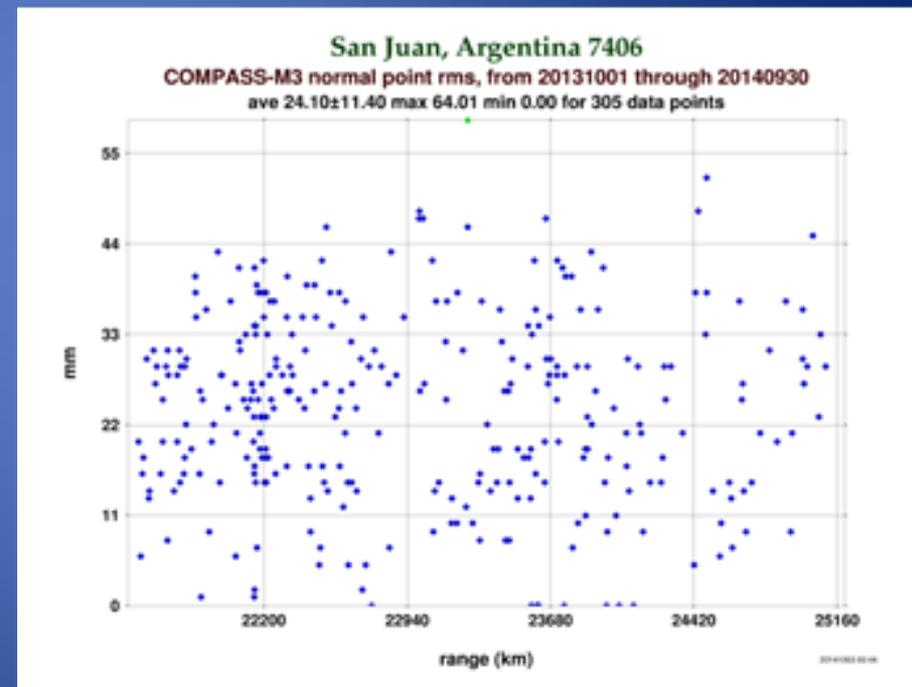
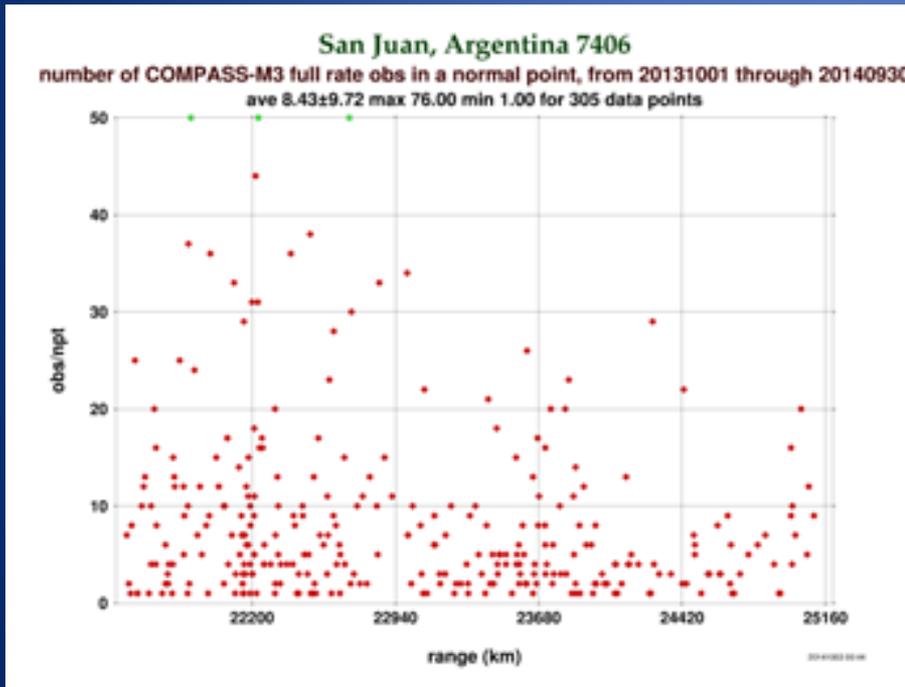


Nº de Observaciones

RMS

BEIDOU

## COMPASS-M3

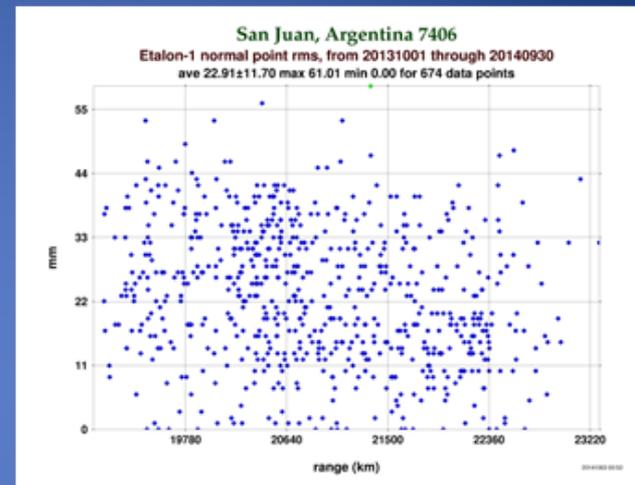
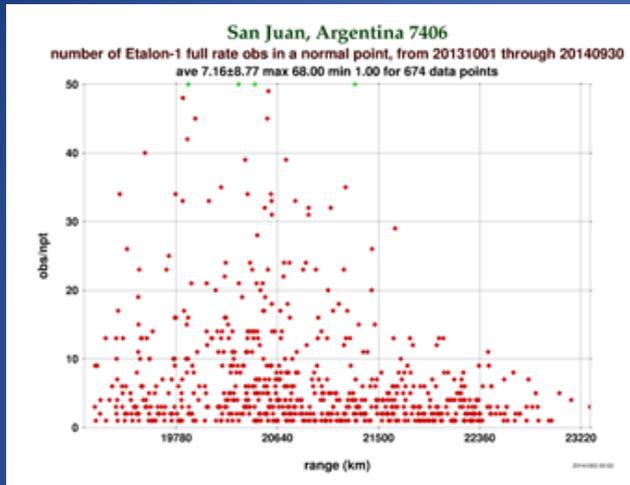


Nº de Observaciones

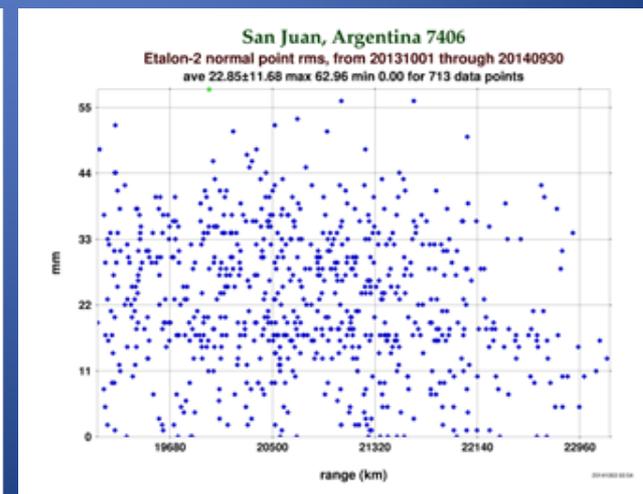
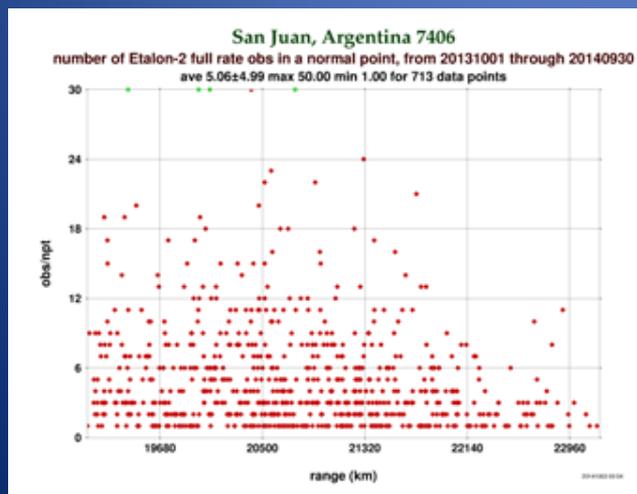
RMS

ETALON

## ETALON-1



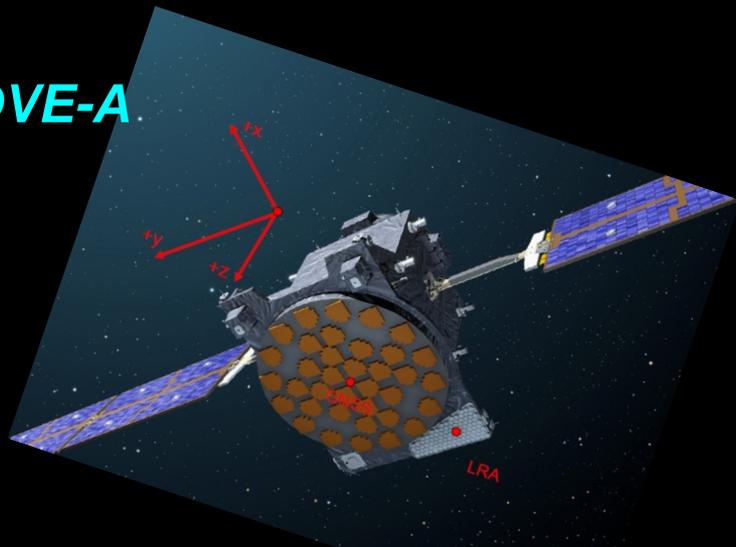
## ETALON-2



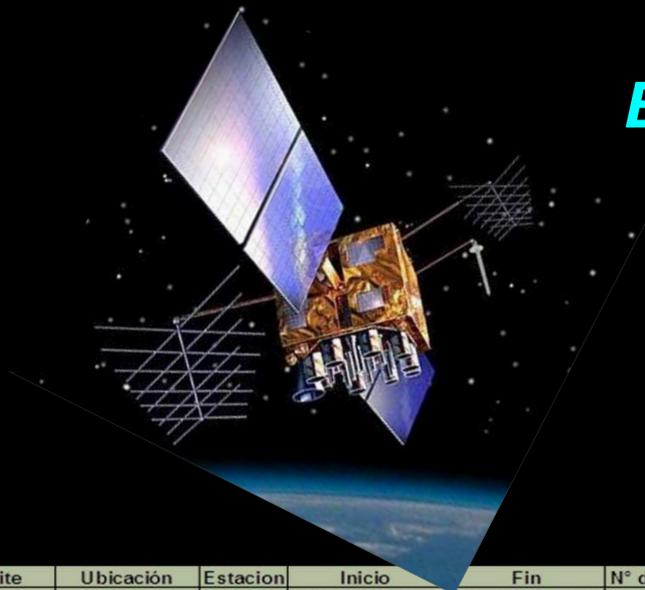
# Conclusiones...

Satelite		Data Point	Ave obs/npt	Rms (mm)
GLONNAS	102	214	9,53	24,63
	109	250	12,68	23,95
	110	128	5,77	19,78
	118	261	10,03	26,34
	129	288	15,29	26,88
	130	253	18,15	25,88
GALILEO	101	418	13,93	25,96
	102	445	14,07	24,98
	103	267	12,57	24,08
	104	275	13,63	27,07
	GIOVE-A	65	11,85	27,95
BEIDOU	COMPASS-M3	305	8,43	24,1
ETALON	E1	674	7,16	22,91
	E2	713	5,06	22,85

GIOVE-A



BeiDou



Stations with ranging capacity to

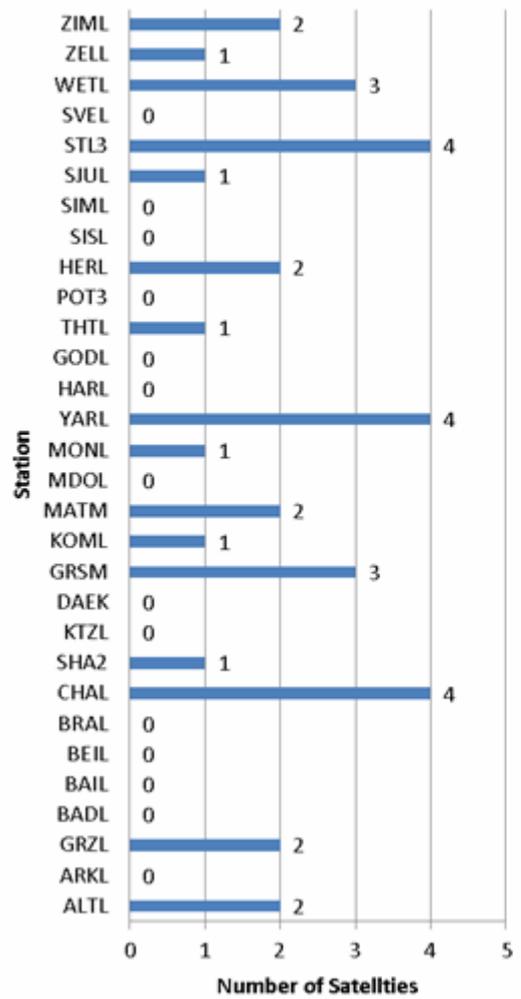
**GALILEO**

- Riga - Lituania
- Yarragadee - Australia
- Greenbelt - Maryland, USA
- Matera - Italia
- Changchun - China
- San Juan - Argentina**
- Hartebeesthoek - Sudáfrica
- Zimmerwald - Suiza
- Mt Stromlo - Australia
- Graz - Austria
- Herstmonceaux - Reino Unido
- Wetzell - Alemania
- Monument Peak - California, USA
- McDonald Observatory - Texas, USA

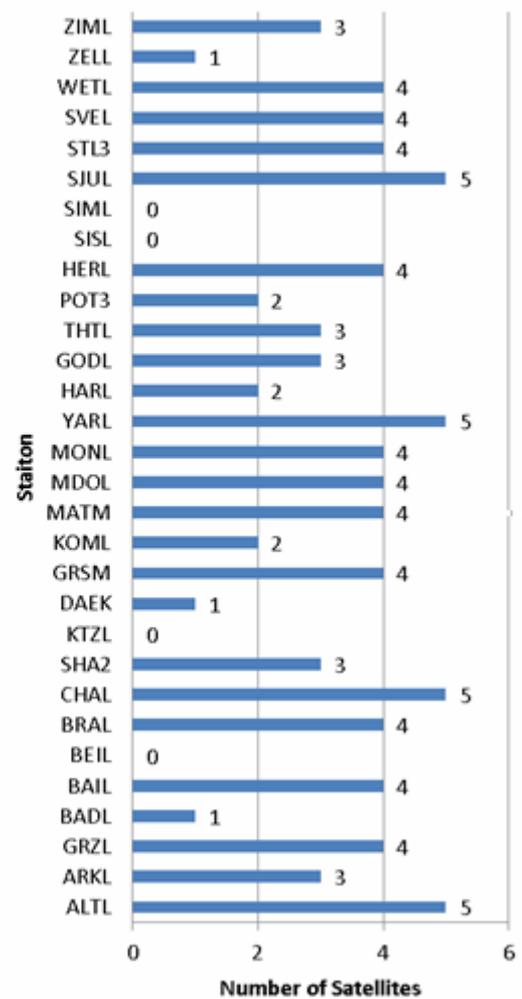
Satelite	Ubicación	Estacion	Inicio	Fin	N° de Pasajes	N° de Puntos
COMPASS-M3	Yarragadee	7090	11/07/2012 18:40	06/03/2015 13:05	309	1004
	Matera	7941	12/07/2012 19:02	03/03/2015 00:16	233	817
	Graz	7839	16/08/2012 11:00	10/03/2015 22:24	154	814
	Zimmerwald	7810	09/08/2012 14:39	03/11/2014 06:42	200	781
	Changchun	7237	16/07/2012 13:13	10/03/2015 10:35	274	715
	Mount Stromlo	7825	12/07/2012 23:41	10/03/2015 03:09	166	687
	<b>San Juan</b>	<b>7406</b>	<b>12/07/2012 07:17</b>	<b>19/11/2014 02:28</b>	<b>117</b>	<b>683</b>
	Wetzell	8834	24/07/2012 00:38	09/03/2015 22:09	149	533
	Herstmonceaux	7840	15/07/2012 22:33	10/03/2015 23:42	133	394
	Greenbelt	7105	17/07/2012 01:40	06/02/2015 04:32	99	366
	Grasse	7845	13/08/2012 22:38	26/09/2014 19:08	111	358
	Monument Peak	7110	18/07/2012 03:44	06/03/2015 03:38	117	281
	Shanghai	7821	23/07/2012 12:40	13/02/2015 20:01	59	210
	Simosato	7838	23/10/2012 08:34	13/06/2014 10:48	24	190
	Tahiti	7124	13/07/2012 09:30	03/10/2014 11:49	41	147
	Beijing	7249	03/10/2012 11:05	10/03/2015 11:19	17	74
	Potsdam	7841	16/10/2012 04:16	16/04/2014 23:08	8	66
	Katzively	1893	20/07/2012 20:01	07/05/2014 23:41	8	54
	Hartebeesthoek	7501	27/07/2012 20:12	26/07/2014 02:16	16	52
	Koganei	7308	04/12/2012 14:12	12/03/2014 11:23	5	24
	Zelenchukskaya	1889	09/11/2014 01:12	11/03/2015 00:58	8	22
	Greenbelt	7125	31/05/2013 21:17	14/03/2014 00:36	7	21
	Atay	1879	24/09/2014 13:50	07/03/2015 17:18	7	18
	Brasilia	7407	12/01/2015 23:58	03/03/2015 23:20	6	18
	Concepcion	7405	27/09/2013 08:46	07/12/2013 07:20	3	18
	Arkhyz	1886	06/12/2014 22:18	24/01/2015 19:07	5	15
	Kiev	1824	30/12/2012 22:06	09/03/2014 18:35	4	14
	Komsomolsk	1868	19/11/2014 19:23	29/01/2015 16:42	3	9
	McDonald	7080	17/09/2012 19:06	06/04/2014 03:09	2	9
	Simeiz	1873	22/05/2013 20:39	22/05/2013 20:39	1	9
Daejon	7359	21/03/2014 16:04	21/03/2014 16:04	1	7	
Svetloe	1888	29/10/2014 09:19	30/10/2014 11:52	2	4	
Badary	1890	01/01/2015 18:59	01/01/2015 18:59	1	3	
Baikonur	1887	27/02/2015 17:08	27/02/2015 17:08	1	3	



### Number of COMPASS Tracked

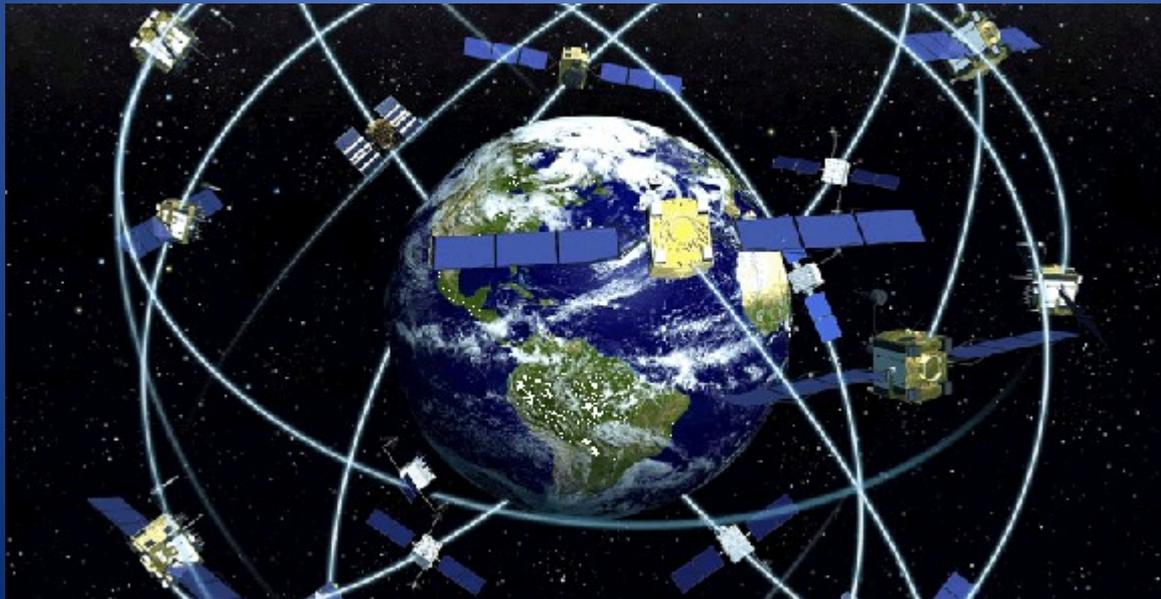


### Number of GALILEO and GIOVE Tracked



# Algunas Consideraciones sobre GPS

- Hay sólo dos satélites GPS equipados con matrices LRA, lo que lleva a un seguimiento escaso SLR del sistema.
- Es por ello que la Fuerza Aérea de Estados Unidos y la IFOR están preparando todos los satélites GPS III, con su respectiva matriz retroreflectora. (primer lanzamiento: 2016)
- Se espera que para el 2020 el sistema GPS tenga actualizado y completo su segmento espacial.



# Perspectivas Futuras

**RENOVACION DEL OSCILADOR LASER:** permitirá el rastreo continuo diurno y nocturno a los satélites, aumentando también el número de pulsos emitidos por el telescopio al orden de los kHz.

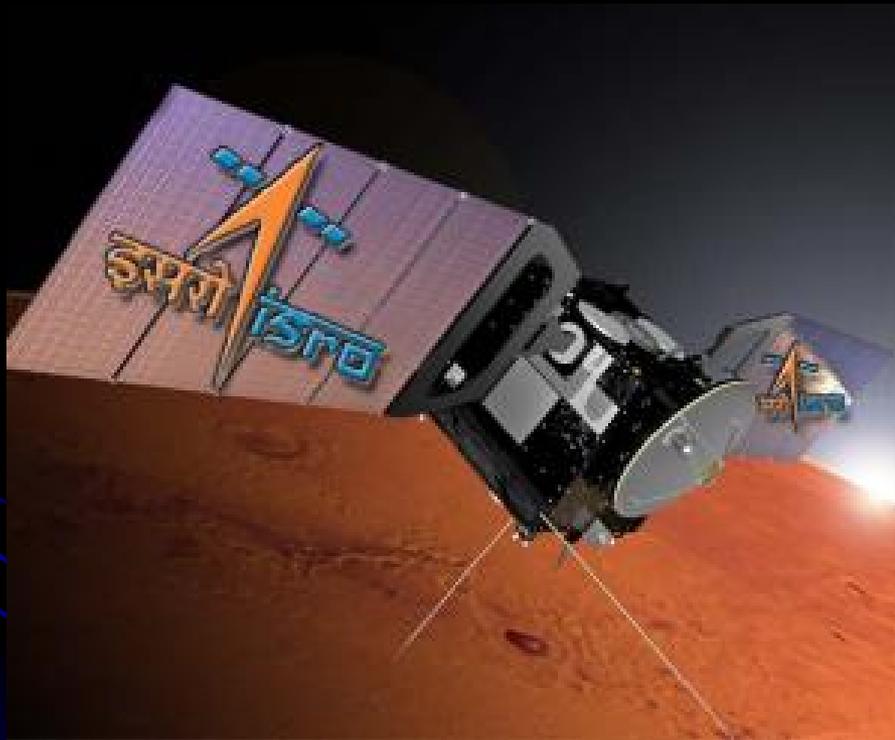
**Nuevo Sistema:  
Diodo Semi-Conductor Laser**



**Event Timer AO33LATVIA**



# Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS)





MUCHAS GRACIAS