

GPS EN TIEMPO REAL UTILIZANDO INTERNET

Gustavo Noguera

**Grupo de Geodesia Satelital Rosario (GGSR)
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Universidad Nacional de Rosario, Argentina**

Temario

Descripción sistema GPS

Obtención de coordenadas

Estaciones Permanentes

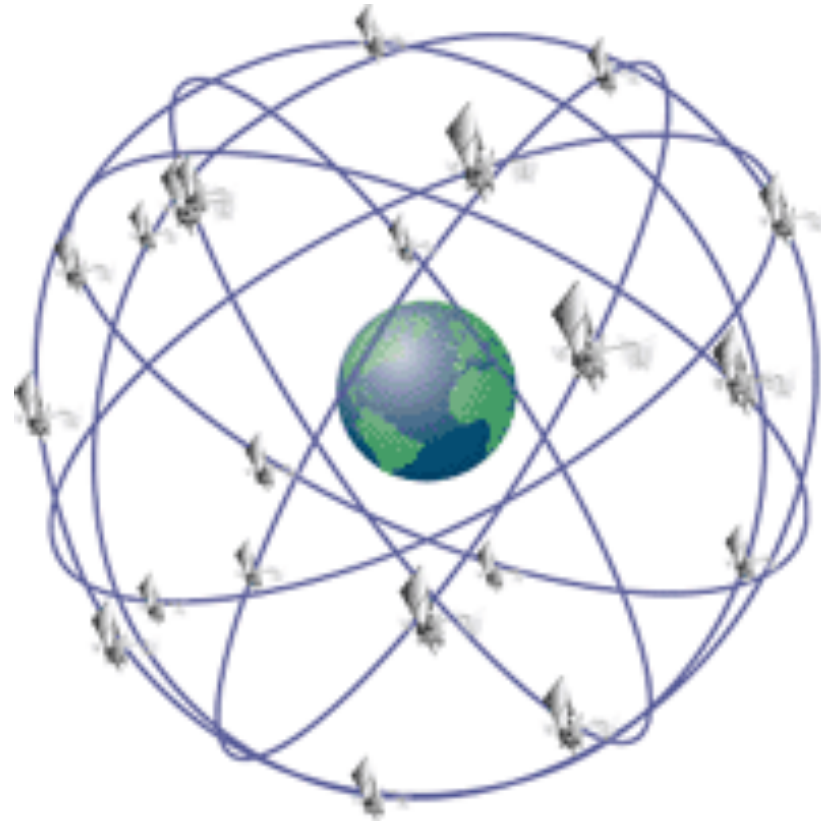
GPS en tiempo real - NTRIP

Sistema GPS

- 3 componentes:
 - Satélites
 - Estaciones de control
 - Usuarios

Constelación de satélites

- Original 24 sats.
- Actualmente 32
- Identific. PRN
- Relojes atómicos
- 6 planos orbitales
- 55° inclinación
- 20200 km altura
- Período 12 hs (sid.)
- 3.86 km/s 13900km/h



Estaciones de control

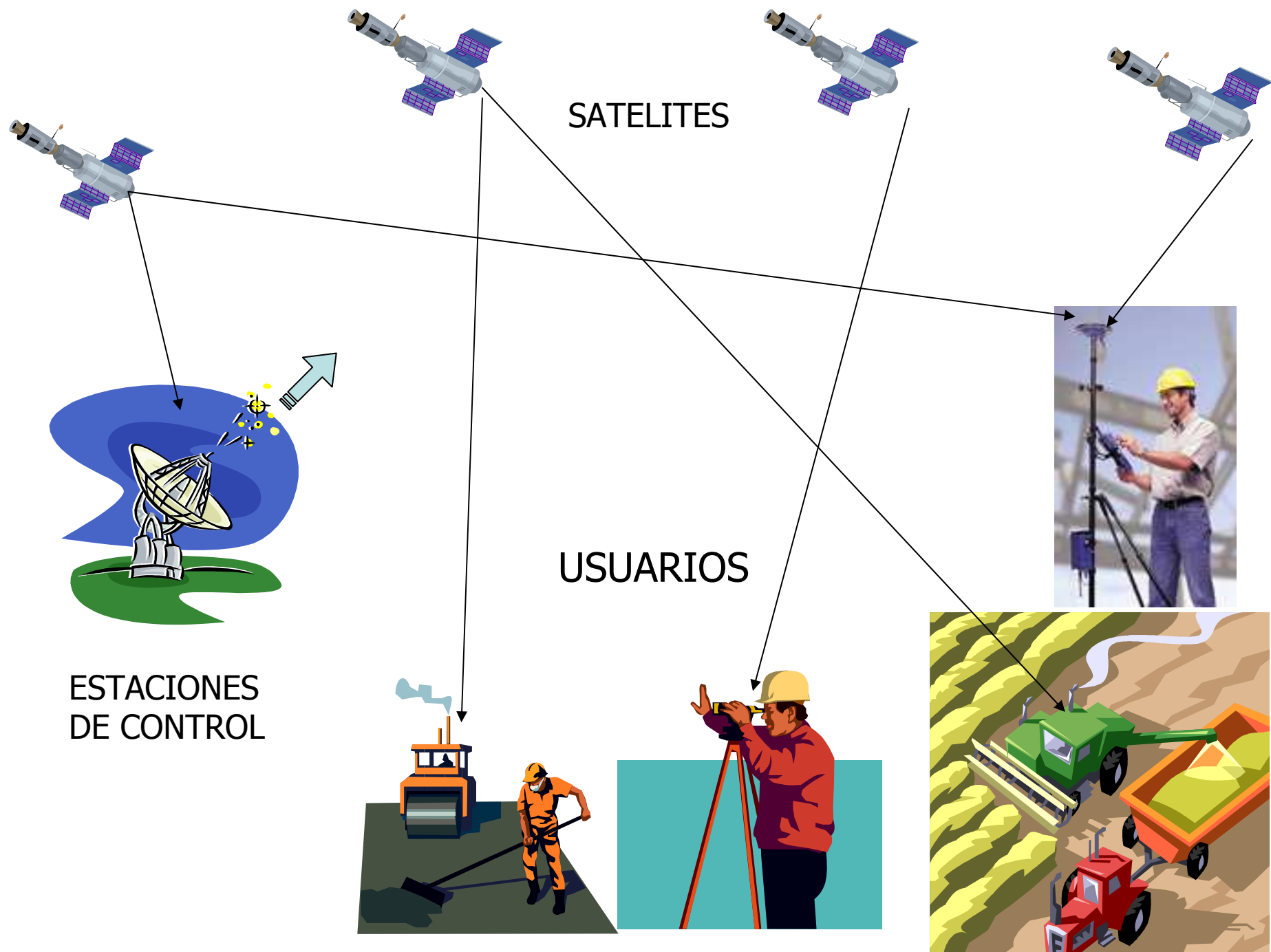


- Monitoreo permanente de los satélites
- Determinación de órbitas, sincronización relojes
- Transmisión a los sats. de la info. procesada

Usuarios – Receptores GPS

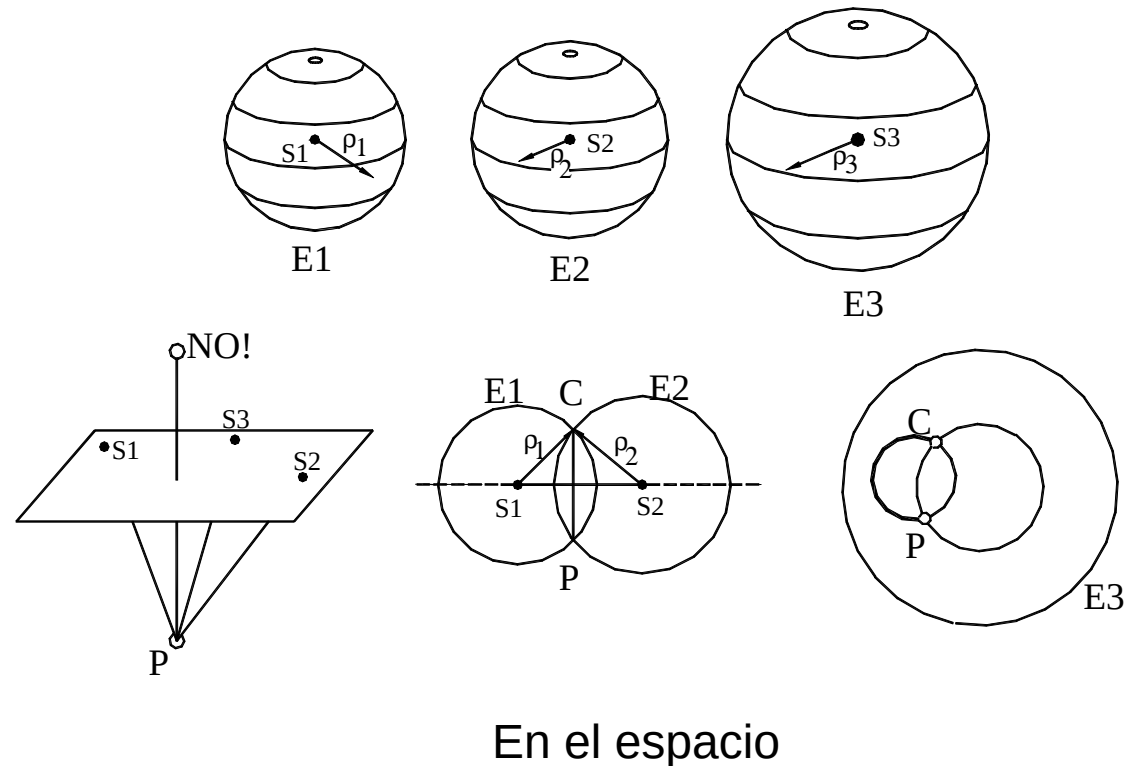
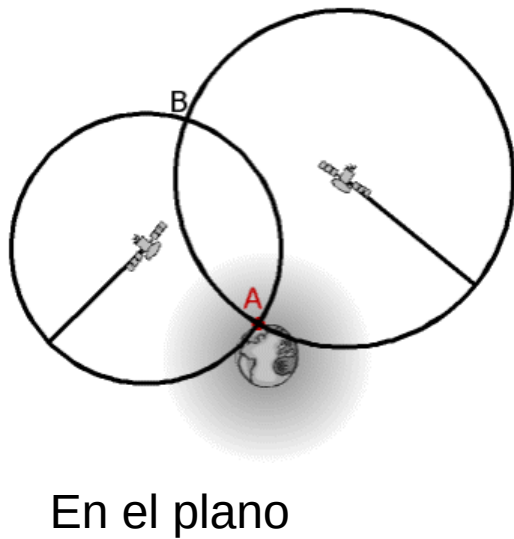
- Antena
- Procesador señal
- Reloj cuarzo
- Memoria almacenamiento
- Función básica:
obtener coordenadas
- Otras: velocidad, dirección, distancias, superficie...



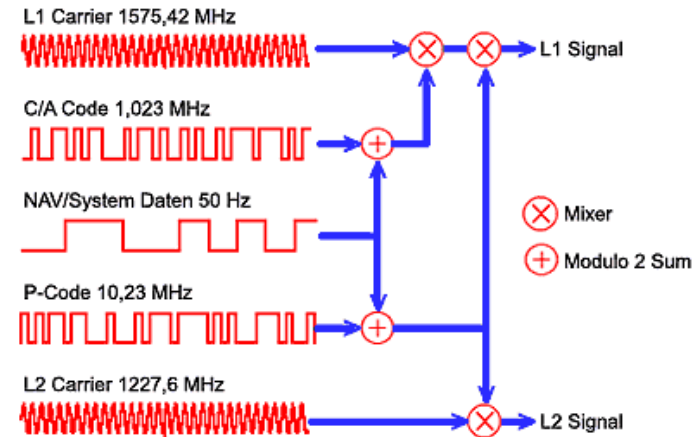
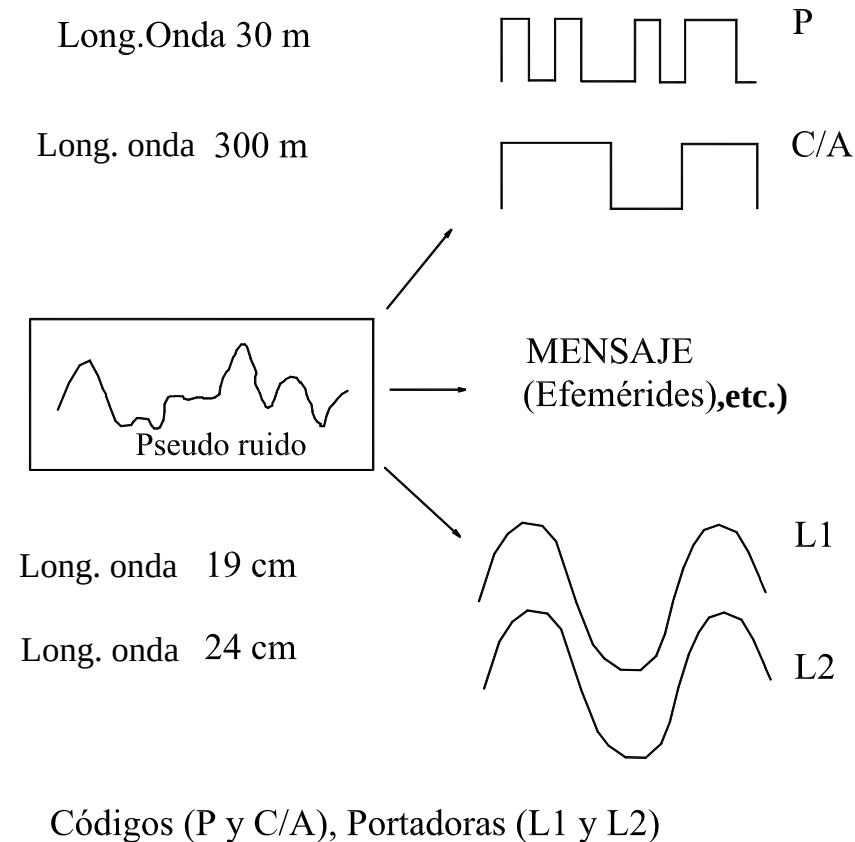


Obtención de coordenadas

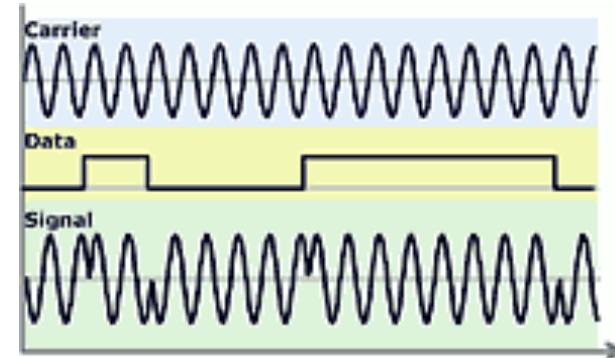
- Intersección espacial inversa: para determinar la posición de un punto en el espacio se miden las distancias a tres puntos de coordenadas conocidas



La señal emitida por los satélites GPS



Modulación de fase

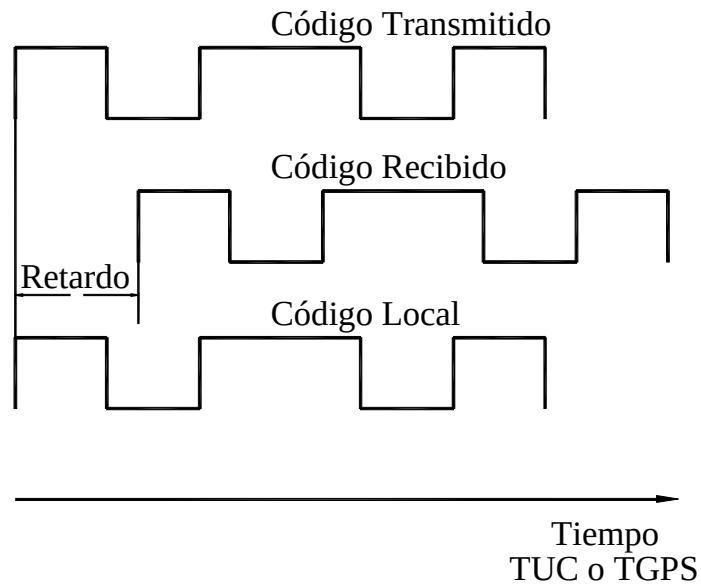


Cada satélite usa un código distinto > PRN > identificación

MEDICION DE LA DISTANCIA

USANDO EL CÓDIGO C/A

Range
(medida de distancia)



Retardo=Range (distancia)

Incógnitas: X Y Z Coord. de la antena

Eso permite

**el reconocimiento del
satélite**

**la generación en el
receptor de una réplica**

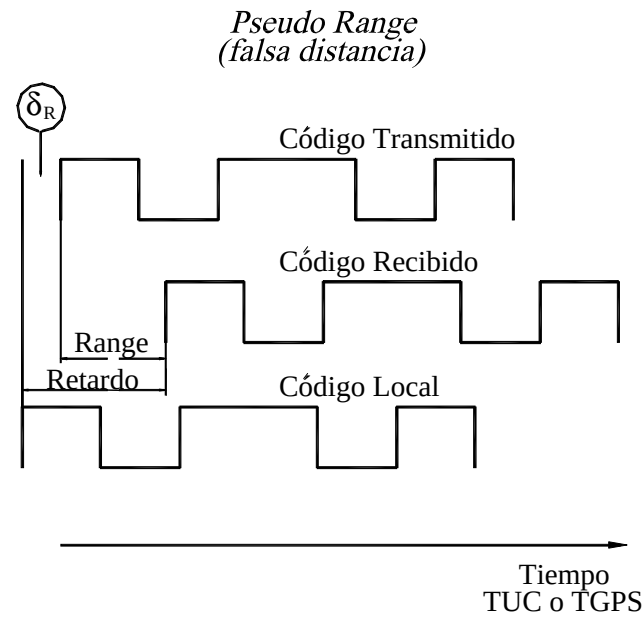
**producir la correlación
(entre recibido y
réplica)**

medición del retardo

Relación entre: CODIGO C/A, TIEMPO Y DISTANCIAS

Código completo	1 miliseg. = 10^{-3} seg.	300.000 m.
Un elemento	1 microseg. = 10^{-6} seg.	300 m.
Apreciación	10 nanoseg. = 10^{-8} seg.	3 m.

Pero se miden SEUDODISTANCIAS



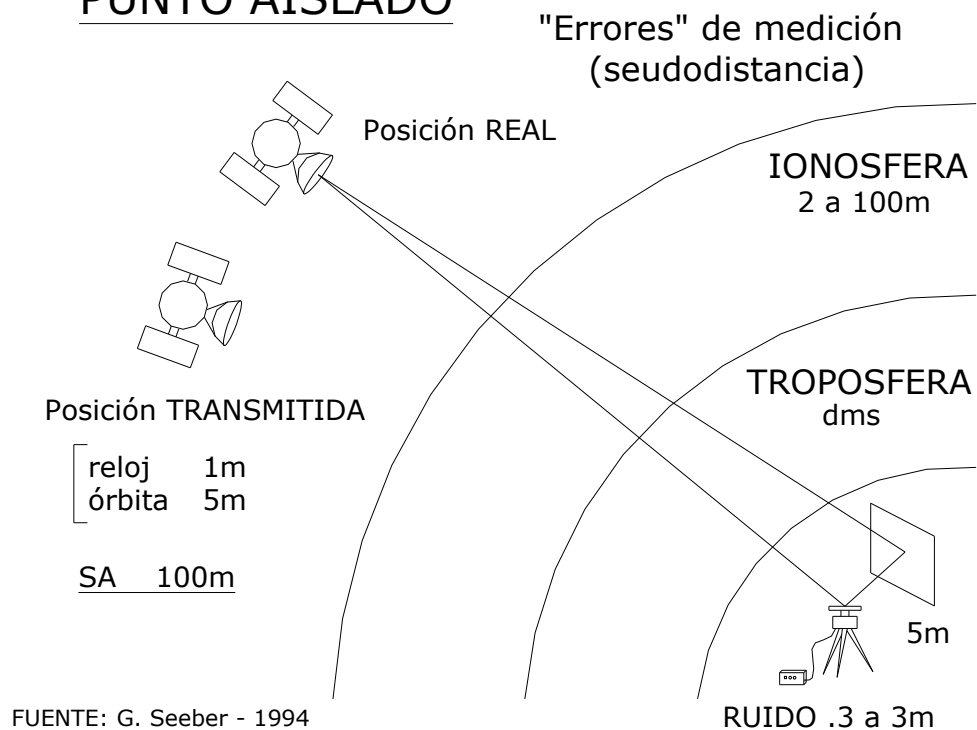
$$\text{Retardo} = \text{Range} + \text{Error de reloj}$$

Incógnitas: X Y Z Coord. de la antena
dT Error del reloj local

**porque la sincronización de los relojes no puede ser perfecta,
 δ_R es otra incógnita (reloj del receptor)**

CONSIDERACION DE LOS ERRORES

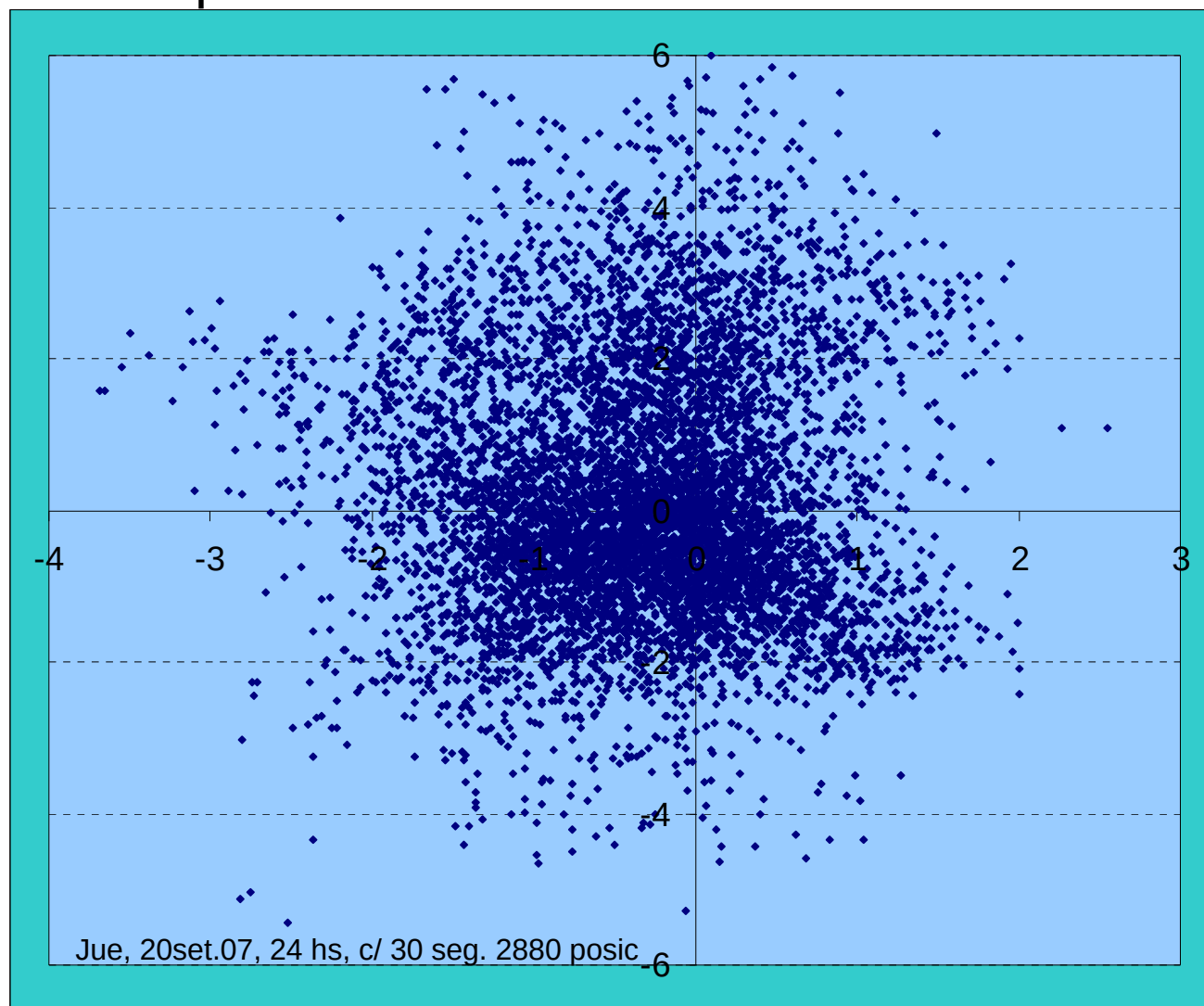
PUNTO AISLADO



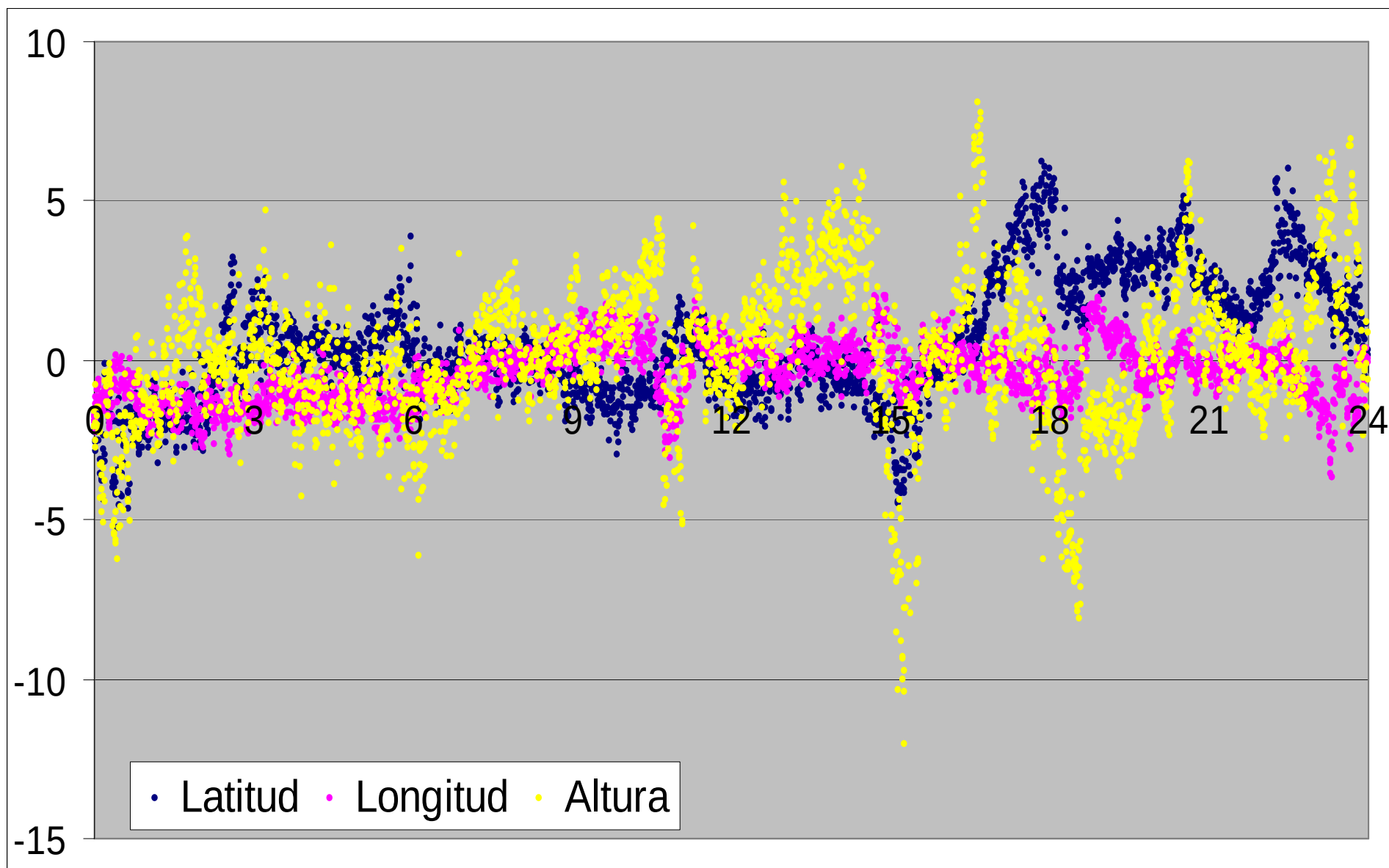
Nota: en 1994, G. Seeber señalaba la "disponibilidad selectiva" (S.A.), hoy inexistente, como principal causa de error en aquel entonces.

Figura 7

Dispersión Horizontal (Latitud, Longitud, en metros) respecto de coordenadas “verdaderas”



Dispersión 3 componentes (en m., durante 24 hs.)



**EN DEFINITIVA, SE PUEDE OBTENER UNA
PRECISION DEL ORDEN DE LOS 15 METROS,
EN POSICIONAMIENTO CON UN SOLO
RECEPTOR, EN FORMA INSTANTANEA Y EN
EL 95% DE LOS CASOS**

ALGO MEJOR SI ES SOLO Lat., Long. (< 10m)

Ejemplos de receptores que usan estos métodos

- Navegadores:
- de mano
- para auto
- diseños específicos:
transporte, navegación
aérea, embarcaciones,
práctica deportiva...



Métodos de obtención de coordenadas

POSICIONAMIENTO ABSOLUTO

CON CÓDIGO

1 SOLO RECEPTOR

Se obtienen las **coordenadas del receptor** a partir de la medición de distancias a los satélites (que transmiten sus propias coordenadas en la señal satelital)

Diseño original de funcionamiento del sistema

POSICIONAMIENTO RELATIVO

- Consideremos el caso de: DOS RECEPTORES, cercanos entre sí, rastreando los mismos satélites, en el mismo momento
- Los errores que se generan en los satélites y en la propagación de la señal, afectan de forma “similar” a ambas estaciones
- La precisión del posicionamiento GPS mejora notablemente al aplicar corrección diferencial

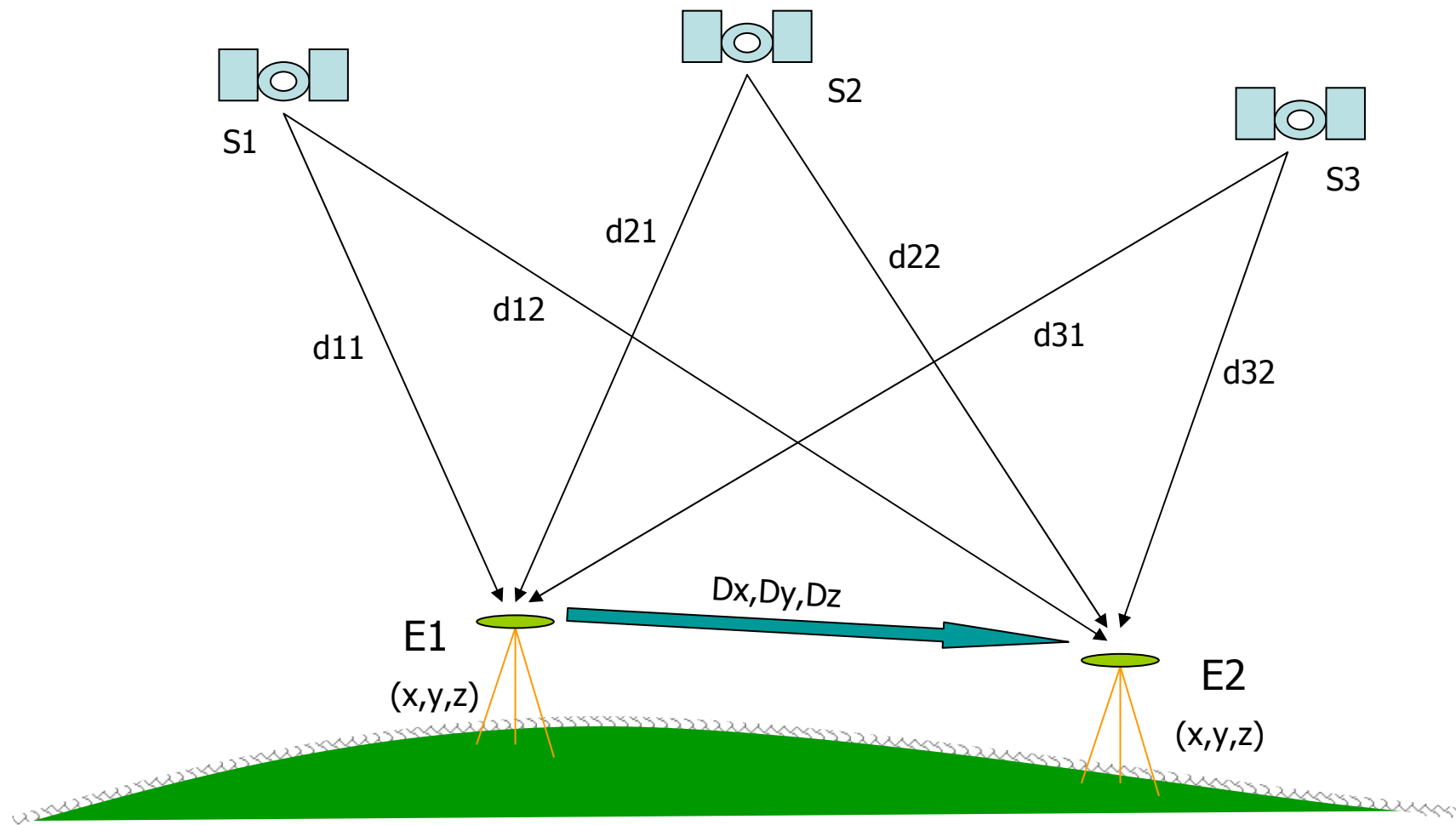
CORRECCION DIFERENCIAL

**Errores en el satélite y en la propagación
afectan de manera similar a las 2 estaciones**

El error del reloj del receptor se calcula junto con la posición

**Quedan los errores propios de la estación:
multipath y correlación.**

PDOP



POSICIONAMIENTO RELATIVO
Diferencias de distancias a los satélites

POSICIONAMIENTO RELATIVO

2 o mas receptores

Importante: datos comunes

Uno de los receptores, fijo:

ESTACION BASE

El otro, (o varios receptores):

RECEPTOR REMOTO

POSICIONAMIENTO RELATIVO

Observables: Código C/A, Fase L1 – L1L2

Método de medición: estático / móvil

Obtención del resultado: post-proceso / tiempo real

**Precisiones: del m al cm,
dependiendo de las variables anteriores
y la distancia Base-Remoto**

Ejemplos de receptores que usan Código C/A



Navegadores con posibilidad de recibir DGPS, corrigen en tiempo real



Receptores para Cartografía-SIG, tienen la posibilidad de almacenar las observaciones y corregir en posproceso y/o tiempo real

Receptores que usan Fase L1 – L1L2



- Cartografía-SIG
- (C/A – L1)

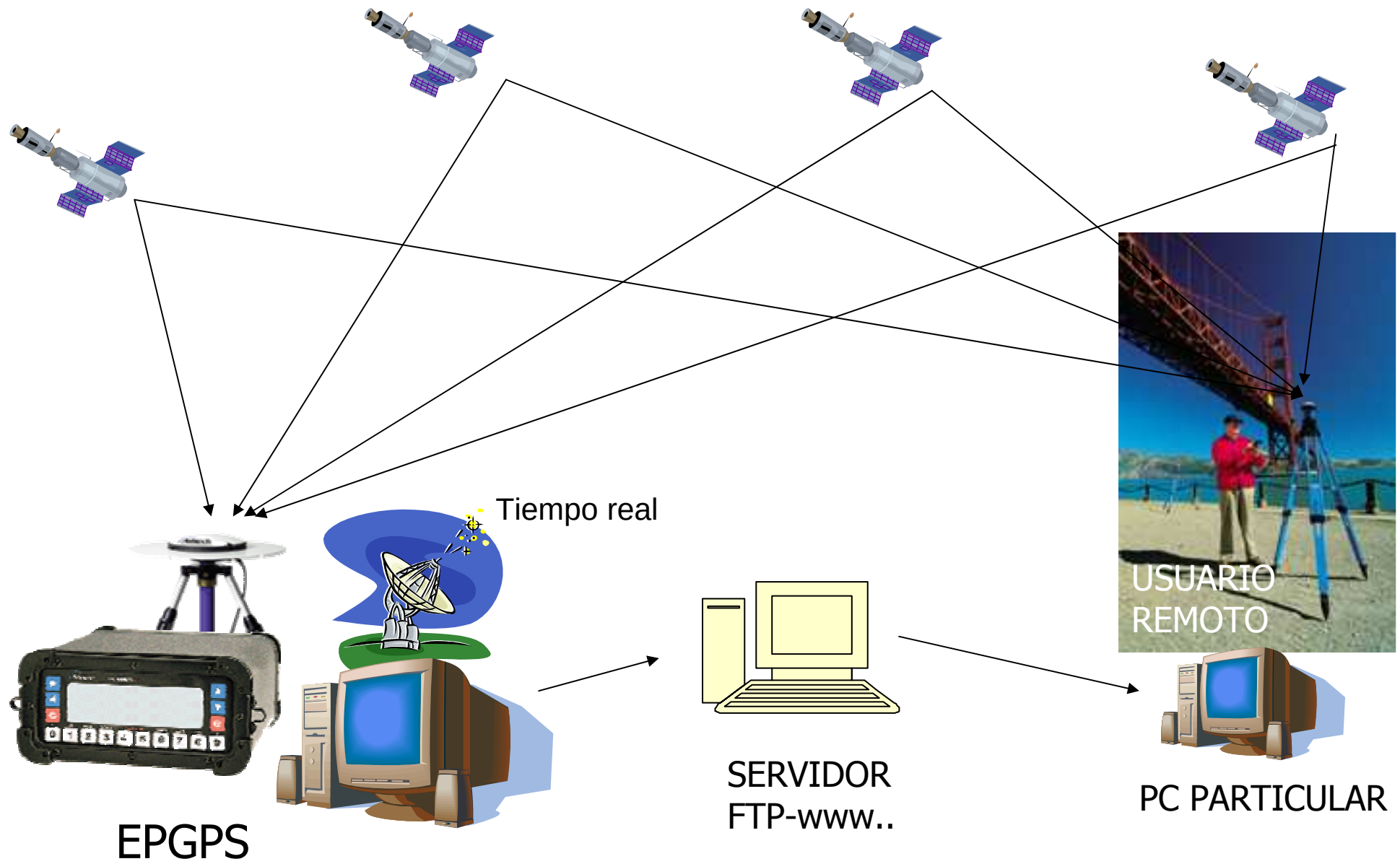
Topografía-Geodesia
(L1 – L1L2)

Estación Permanente GPS (GNSS)

- **CONCEPTO DE EPGPS:**
- **Receptor GPS/GNSS rastreando todos los satélites visibles, en forma continua, las 24 hs**
- **Coordenadas conocidas y publicadas**
- **Sistema de almacenamiento y publicación de los datos, a disposición de los usuarios**
- **Debe ser un sistema confiable!**

Estación Permanente GPS/GNSS

- 1.-Materialización del Marco de referencia
- 2.-Recálculo de coordenadas, velocidades, aporte a redes internacionales
- 3.-Base de los sistemas de aumentación
- 4.-Georreferenciación, usuarios profesionales
- 5.-Utilidad EP GNSS en función equipos de los usuarios



ESTACION PERMANENTE GPS ROSARIO

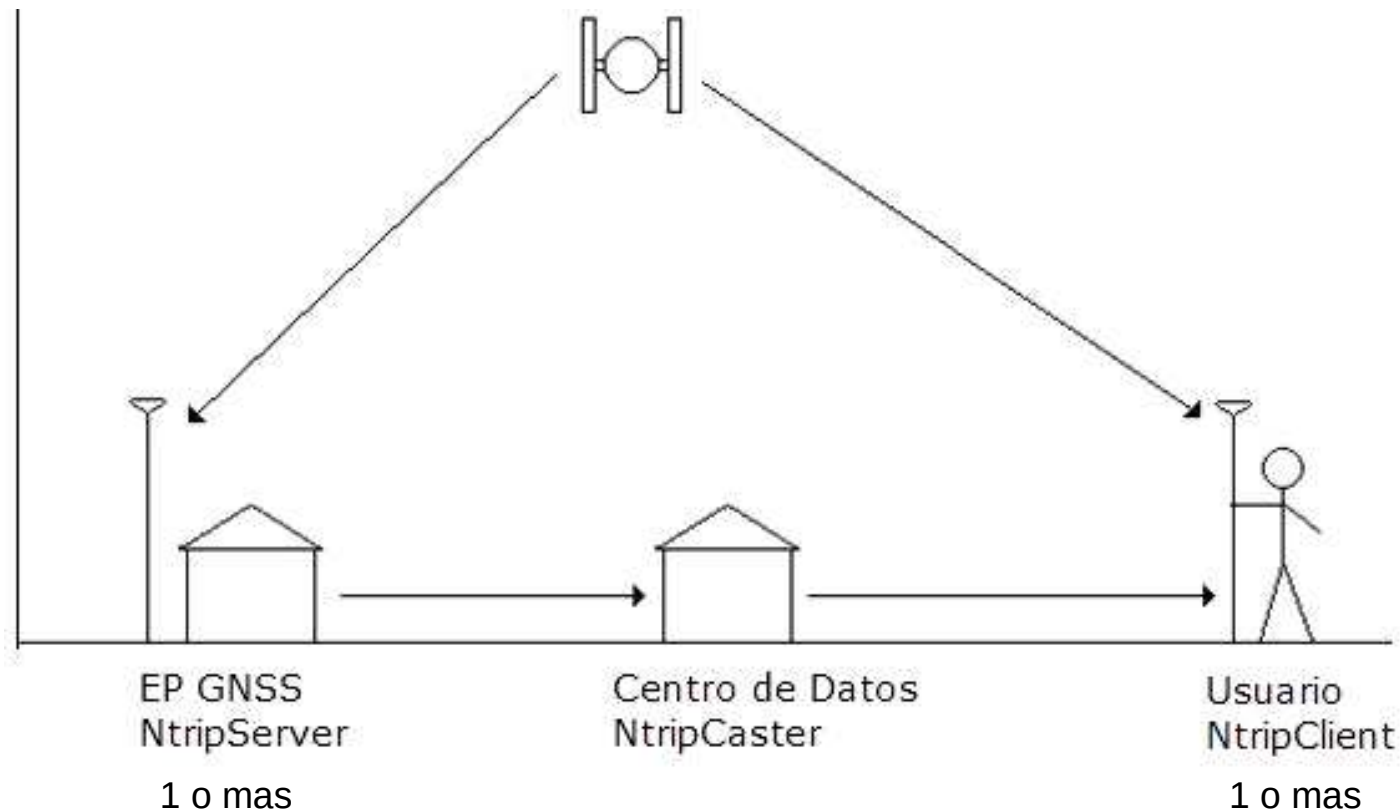


GPS en tiempo real

- DGPS: se transmiten las correcciones a las observaciones de código obtenidas en el receptor base al remoto, este aplica las correcciones a sus observaciones y obtiene sus coordenadas corregidas. Precisión: m
- RTK: se transmiten las observaciones de código y fase del receptor base al remoto, este hace el cálculo del vector (proces. fase: inicialz., resol. ambig...) y obtiene sus coordenadas. Generalmente se usa L1 y L2. Precisión: cm

NTRIP

- **Transmisión de datos de las Estaciones Permanentes utilizando el protocolo NTRIP**
(Networked Transport of RTCM via Internet Protocol)



NTRIP

- Se transmite el mensaje RTCM, que incluye los datos y correcciones para DGPS y RTK.
- Al transmitir el mensaje RTCM en tiempo real, esta técnica permite hacer lo mismo que en el RTK convencional, pero sin la necesidad de base propia, también sirve como fuente de corrección para DGPS.
- Se reemplaza la radio por internet
- Como el acceso a los datos y correcciones es vía Internet, hace falta contar con conectividad en la zona de medición, p. ej. Internet móvil, módem 3G.
- Al principio: UNRO – UCOR – LPGS – UNSA... en caster BKG <http://igs.bkg.bund.de/ntrip>
- Reciente... caster IGN, estaciones RAMSAC: http://www.ign.gob.ar/Introduccion_Ramsac-ntrip
- También en: www.fceia.unr.edu.ar/gps > tiempo real

RTCM Data Formats

- RTCM 2.0: Pseudo Range Corrections, DGPS
MT 1, 3, 9, Meter Level Accuracy
- RTCM 2.1 and 2.2: Carrier Phase Data, RTK
MT 18, 19, 20, 21, Centimeter Level Accuracy
- RTCM 2.3: Adds GLONASS, RTK
MT 18, 19, 20, 21, Centimeter Level Accuracy
- RTCM 3.0: Bandwidth Reduction, RTK
MT 1004 etc, Centimeter Level Accuracy
- Tomado de Weber, G. et.al. (BKG)

Ntrip RTCM Decoder Version 2.1 Copyright (c) by M. Bäumker 2003

Data Source Save Menu Transmit Decoding Leap Second Info

16/05/2011 10:57:21 a.m. Reference Station Status Special Message

Station: 1000	2627448.22	Sequence: +7-0+1-2+3-4+5	Chars Unused 3185
Health: 6	-4668383.23	M-Z-Count: 39445.8 = 10:57:25	
Latency: 8.856	-3450213.52	Frames: 9+19-18+18-1+19	

Type 1 Type 2 Type 3+22 Type 9 Type 16 Type 18 Type 19 Type 20 Type 21 other Type Raw Data

Differential Corrections - Message Type 01 39445.8 length:17

SV	Factor	UDRE [m]	PoRangeCorr [m]	RaRaCorr [m/s]	IOD	M-Z-Count
9	fine	1 - 4	-19.22	0.004	11	39445.8
31	fine	... 1	-3.52	0.000	63	39445.8
12	fine	... 1	-2.04	0.002	47	39445.8
2	fine	... 1	-5.92	-0.014	30	39445.8
5	fine	... 1	-7.48	0.000	38	39445.8
29	fine	... 1	-2.08	0.000	89	39445.8
25	fine	... 1	-0.96	0.006	33	39445.8
21	fine	... 1	-6.52	0.002	16	39445.8
10	fine	... 1	-24.80	-0.004	29	39445.8

127.0.0.1_port 2101 connected 1255 source: internet - 1000 bps license no. Ntrip-GNSS for BKG

 **Ntrip RTCM Decoder Version 2.1**

Copyright (c) by M. Bäumker 2003

Data Source

Save Menu

Transmit

Decoding

Leap Second

Info

16/05/2011 11:01:44 a.m.

Reference Station

Status

Special Message

Station: 1000

Health: 6

Latency: 8.000

2627448.22

-4668383.23

-3450213.52

Sequence: -2+3-4+5-6+7-0

M-Z-Count: 39708.0 = 11:01:48

Frames: -19+19-18+18-1

Chars Unused: 5773

Type 1

Type 2

Type 3+22

Type 9

Type 16

Type 18

Type 19

Type 20

Type 21

other Type

Raw Data

Reference Station Parameters - Message Type 3 and Type 22

39693.6 length:6

new Reference Station Parameters

X: 2627448.22

Y: -4668383.23

Z: -3450213.52

M-Z-Count: 39693.6 11:01:33 a.m.

Last receive: 11:01:30 a.m. 16/05/2011

Last Change : 10:52:24 a.m. 16/05/2011

from:

X: 0.00

Y: 0.00

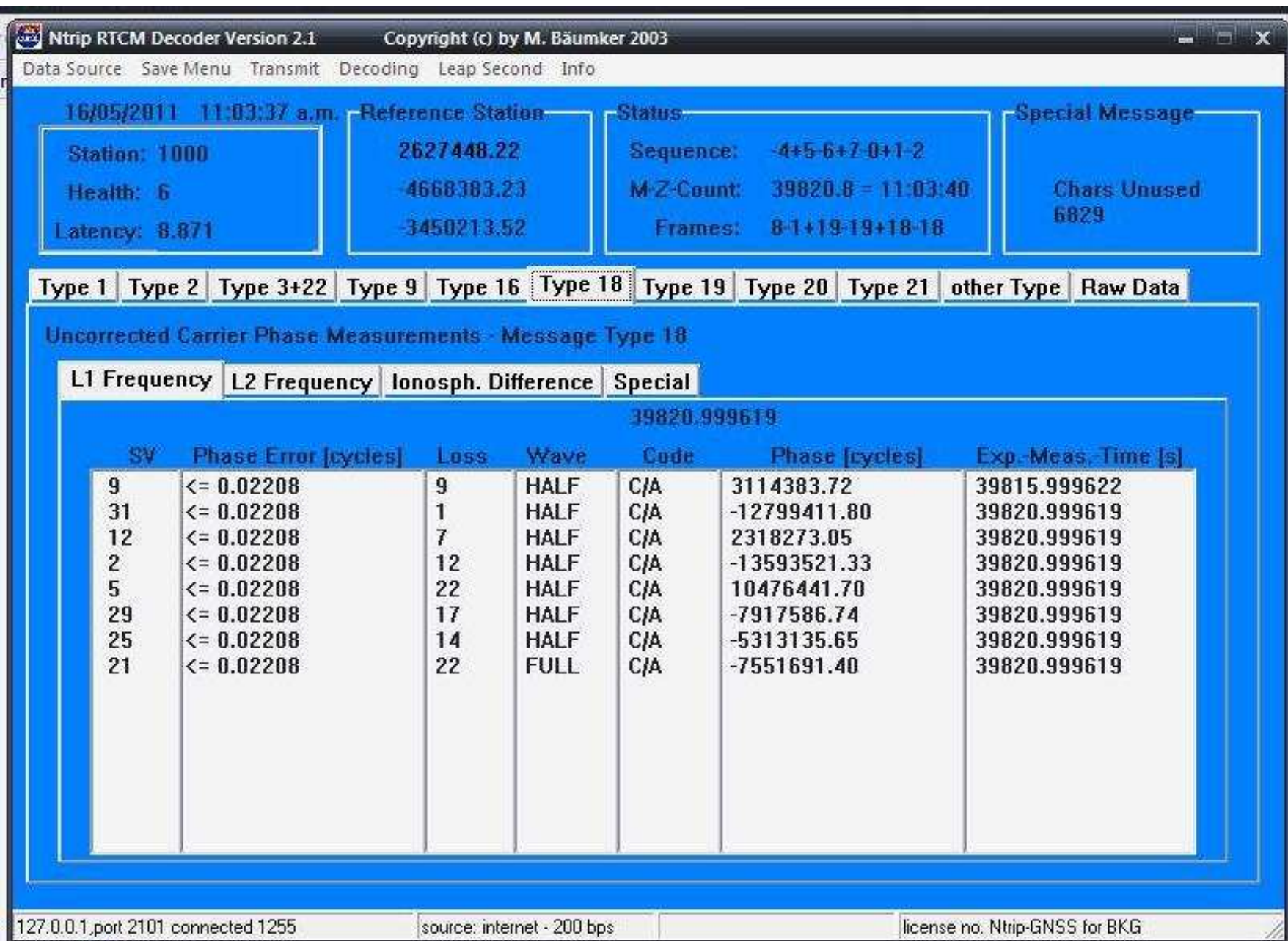
Z: 0.00

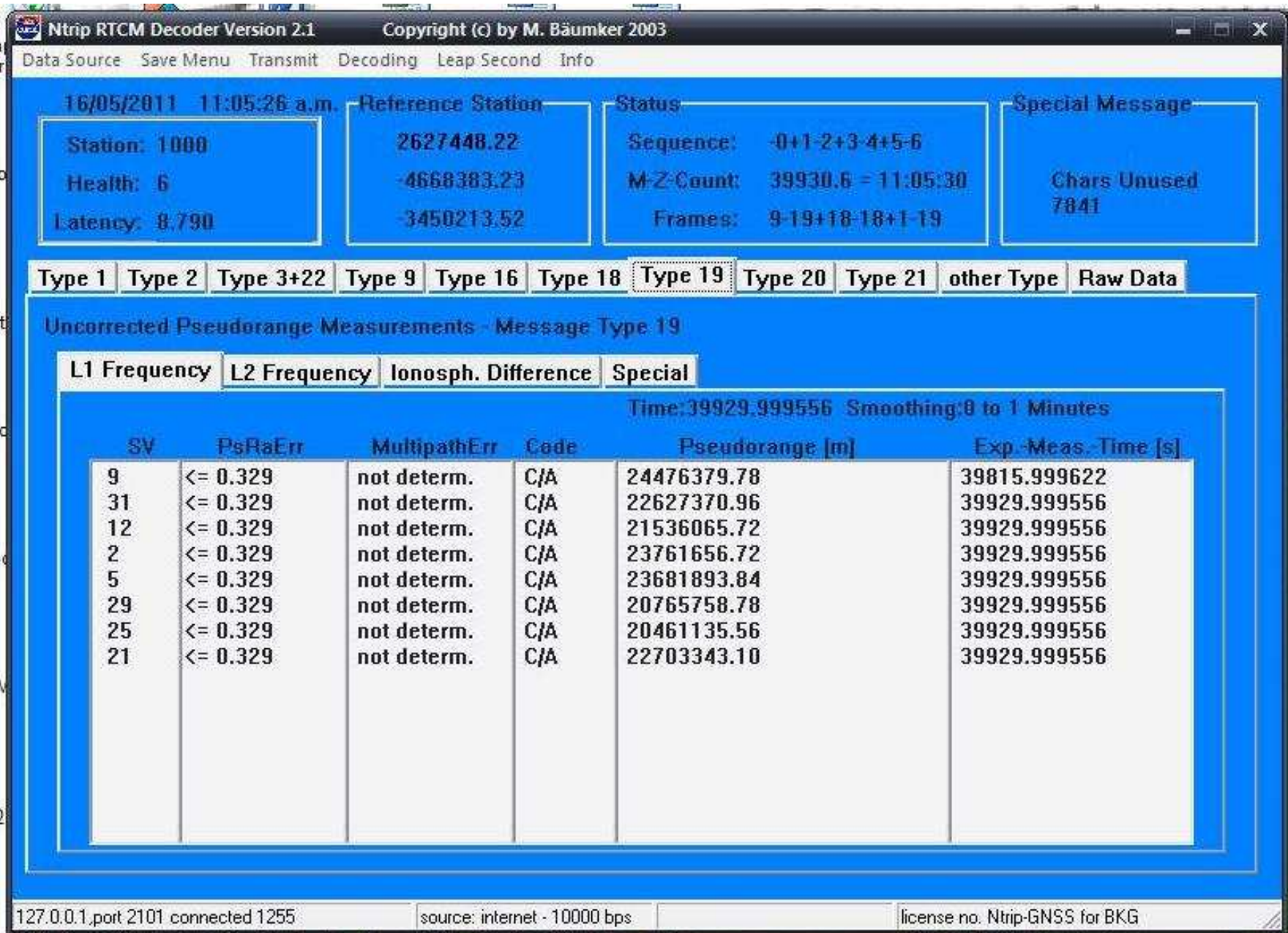
Type 22 is not activated in this version!

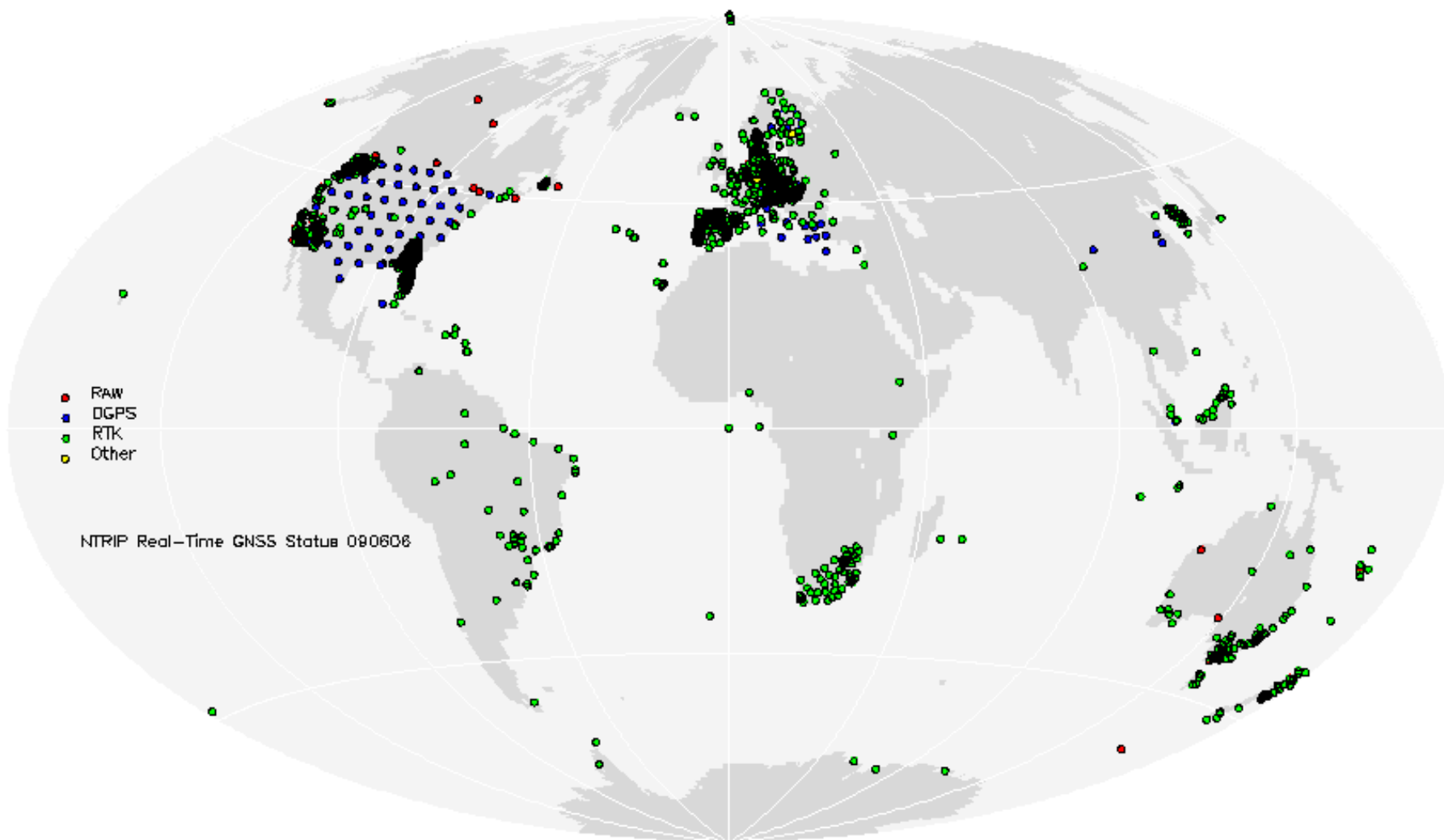
127.0.0.1,port 2101 connected 1255

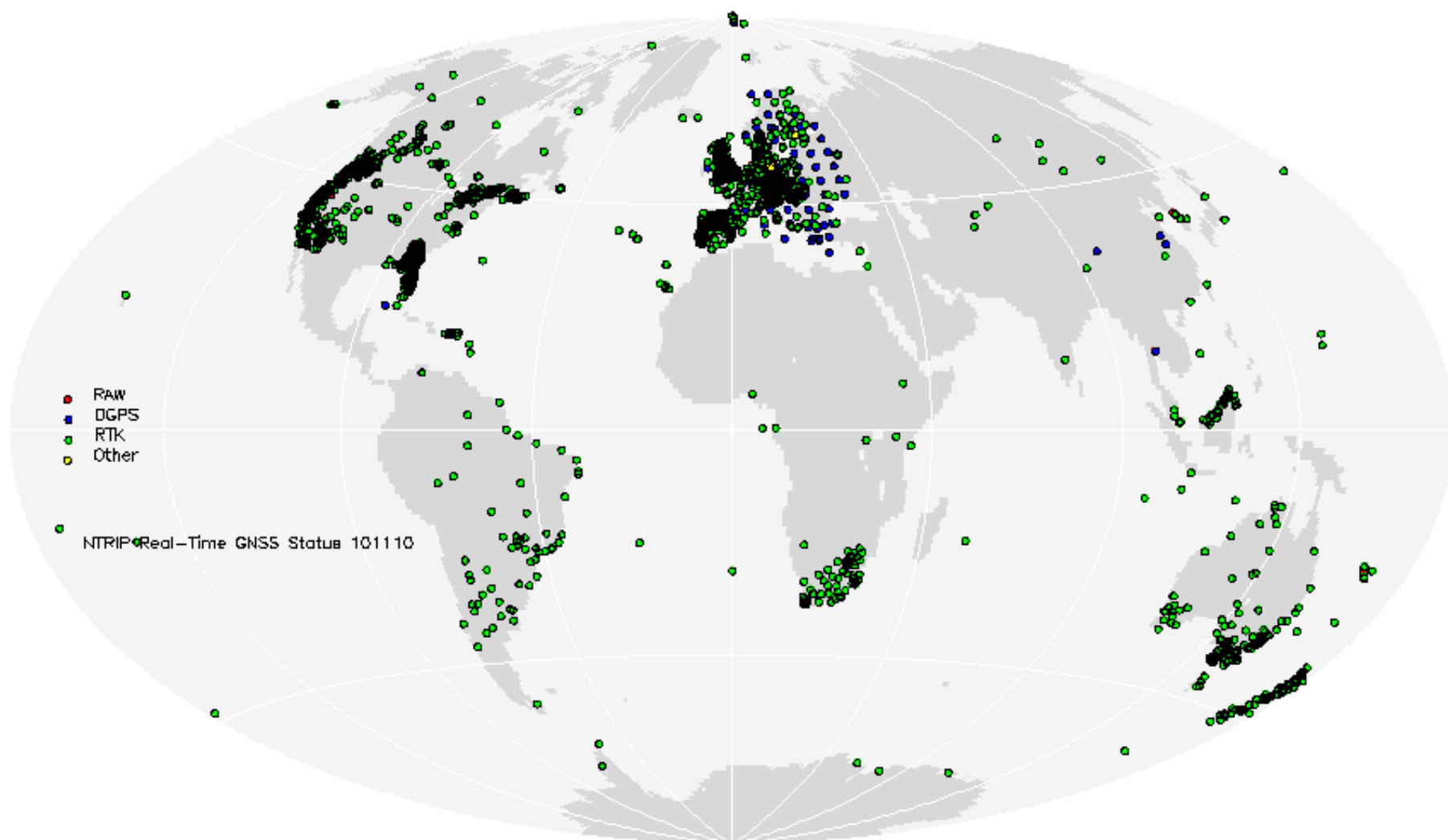
source: internet - 9000 bps

license no. Ntrip-GNSS for BKG



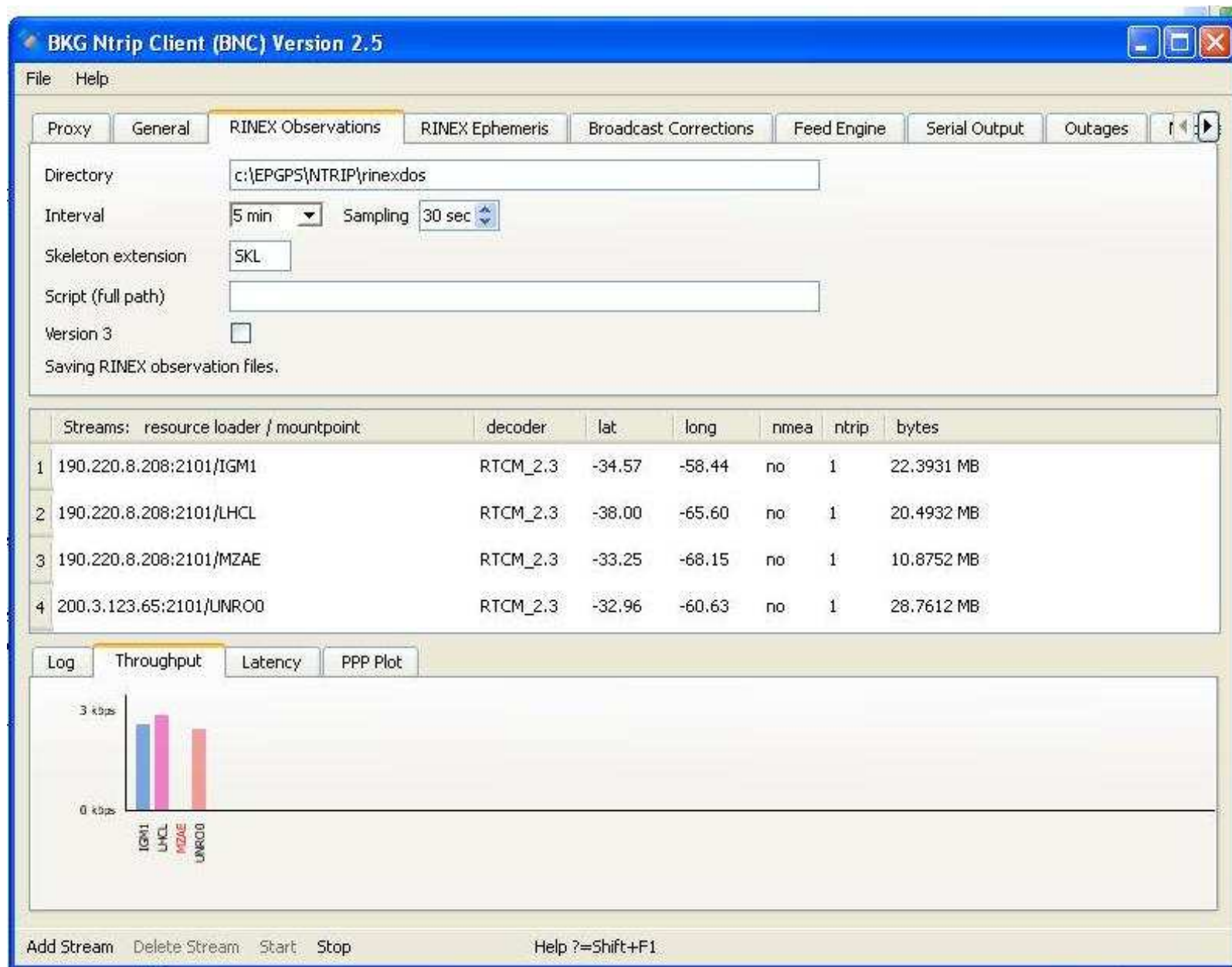




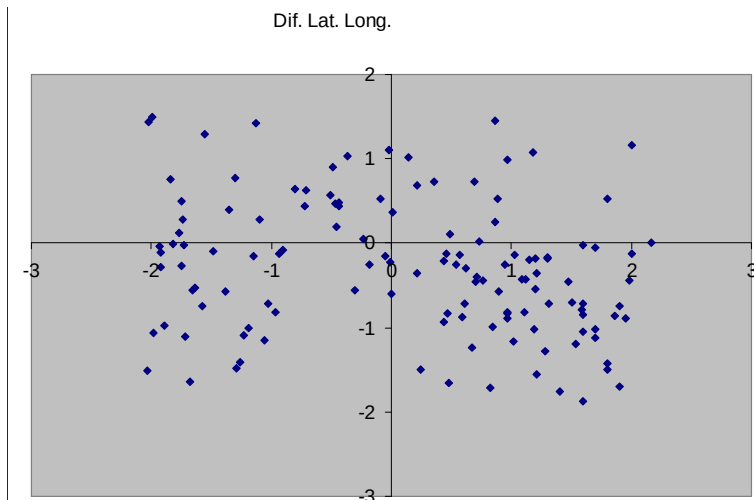
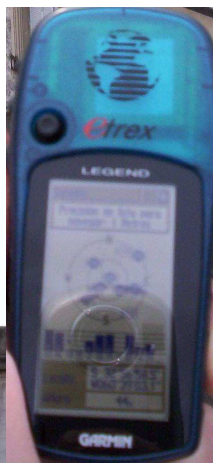


FCEIA - UNR				GNSS Data Center		Global List of Real-Time G...			
igs.bkg.bund.de/root_ftp/NTRIP/streams/streamlist_world-wide.htm								75 de 79	
2	QPOS	NLD	ntrip.qpos.nl:2101	QPOS_RTCM31_VRS1	ARG	QPos RTK PRS	GPS + GLO	L1&L2	
3	QPOS	NLD	ntrip.qpos.nl:2101	QPOS_RTCM3_GPS1		QPos RTK PRS (2Hz)...	GPS + GLO	L1&L2	
4	QPOS	NLD	ntrip.qpos.nl:2101	QPOS_RTCM3_PRS1		QPos RTK PRS (5Hz)...	GPS + GLO	L1&L2	
5	QPOS	NLD	ntrip.qpos.nl:2101	QPOS_RTCM3_PRS2		QPos RTK	GPS + GLO	L1&L2	
6	QPOS	NLD	ntrip.qpos.nl:2101	QPOS_RTCM3_PRS5		QPos RTK VRS	GPS + GLO	L1&L2	
7	QPOS	NLD	ntrip.qpos.nl:2101	QPOS_RTCM3_SB1		QPos RTK VRS (2Hz)...	GPS + GLO	L1&L2	
8	QPOS	NLD	ntrip.qpos.nl:2101	QPOS_RTCM3_VRS1		QPos RTK VRS	GPS + GLO	L1&L2	
9	QPOS	NLD	ntrip.qpos.nl:2101	QPOS_RTCM3_VRS2					
0	QPOS	NLD	ntrip.qpos.nl:2101	VRS01					
1	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	AZUL		Azul, Buenos Aires...	GPS+GLONASS	L1&L2	
2	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	BCAR		Balcarce, Buenos A...	GPS+GLONASS	L1&L2	
3	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	CATA-v2.3		Catamarca, Catamar...	GPS+GLONASS	L1&L2	
4	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	CATA-v3.0		Catamarca, Catamar...	GPS+GLONASS	L1&L2	
5	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	CBAL-v2.3		San Cristobal, San...	GPS+GLONASS	L1&L2	
6	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	CBAL-v3.0		San Cristobal, San...	GPS+GLONASS	L1&L2	
7	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	GUAY-v2.3		Villaguay, Entre R...	GPS+GLONASS	L1&L2	
8	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	GUAY-v3.0		Villaguay, Entre R...	GPS+GLONASS	L1&L2	
9	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	IGM1		CABA IGN	GPS	L1&L2	
0	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	JBAL		Alberdi, Tucuman	GPS	L1&L2	
1	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	LHCL		Lihue Calel, La Pa...	GPS	L1&L2	
2	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	MA01V2		Neuquén, Neuquén R...	GPS+GLONASS	L1&L2	
3	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	MA01V3		Neuquén, Neuquén R...	GPS+GLONASS	L1&L2	
4	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	MA02V2		CABA Mertind RTCM ...	GPS+GLONASS	L1&L2	
5	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	MA02V3		CABA Mertind RTCM ...	GPS+GLONASS	L1&L2	
6	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	MZAE		Santa Rosa, Mendoz...	GPS	L1&L2	
7	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	MZAS		San Rafael, Mendoz...	GPS	L1&L2	
8	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	NGAQ-v2.3		Avia Terai, Chaco ...	GPS	L1&L2	
9	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	NGAQ-v3.0		Avia Terai, Chaco ...	GPS	L1&L2	
0	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	PEJO-v2.3		Pehuajó, Buenos Ai...	GPS+GLONASS	L1&L2	
1	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	PEJO-v3.0		Pehuajó, Buenos Ai...	GPS+GLONASS	L1&L2	
2	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	SL01-v2.3		San Luis, San Luis...	GPS+GLONASS	L1&L2	
3	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	SL01-v3.0		San Luis, San Luis...	GPS+GLONASS	L1&L2	
4	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	TERO-v2.3		Santiago del Ester...	GPS+GLONASS	L1&L2	
5	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	UCOR		Córdoba, Córdoba R...	GPS+GLONASS	L1&L2	
6	RAMSAC	ARG	190.220.8.208:2101	UNRO		Rosario, Santa Fe ...	GPS	L1&L2	
7	RAW	HUN	84.206.45.44:2101	BALE_RAW		BALE_RAW Leica	GPS+GLONASS	L1&L2	
8	RAW	HUN	84.206.45.44:2101	BALE_RAW-RTCM3.0		BALE_RAW_RTCM3.0	GPS+GLONASS	L1&L2	
9	RAW	HUN	84.206.45.44:2101	BARC_RAW-RTCM3.0		BARC_RAW_RTCM3.0	GPS+GLONASS	L1&L2	
0	RAW	HUN	84.206.45.44:2101	CSOR_RAW-RTCM3.0		CSOR_RAW_RTCM3.0	GPS+GLONASS	L1&L2	
1	RAW	HUN	84.206.45.44:2101	DEBR_RAW		DEBR_RAW Leica	GPS+GLONASS	L1&L2	
2	RAW	HUN	84.206.45.44:2101	GYUL_RAW		GYUL_RAW Leica	GPS+GLONASS	L1&L2	
3	RAW	HUN	84.206.45.44:2101	HALA_RAW		HALA_RAW Leica	GPS+GLONASS	L1&L2	
4	RAW	HUN	84.206.45.44:2101	MISC_RAW-RTCM3.0		MISC_RAW_RTCM3.0	GPS+GLONASS	L1&L2	

- Aplicaciones como usuario



<http://www.fceia.unr.edu.ar/~epgps/NTRIP/>

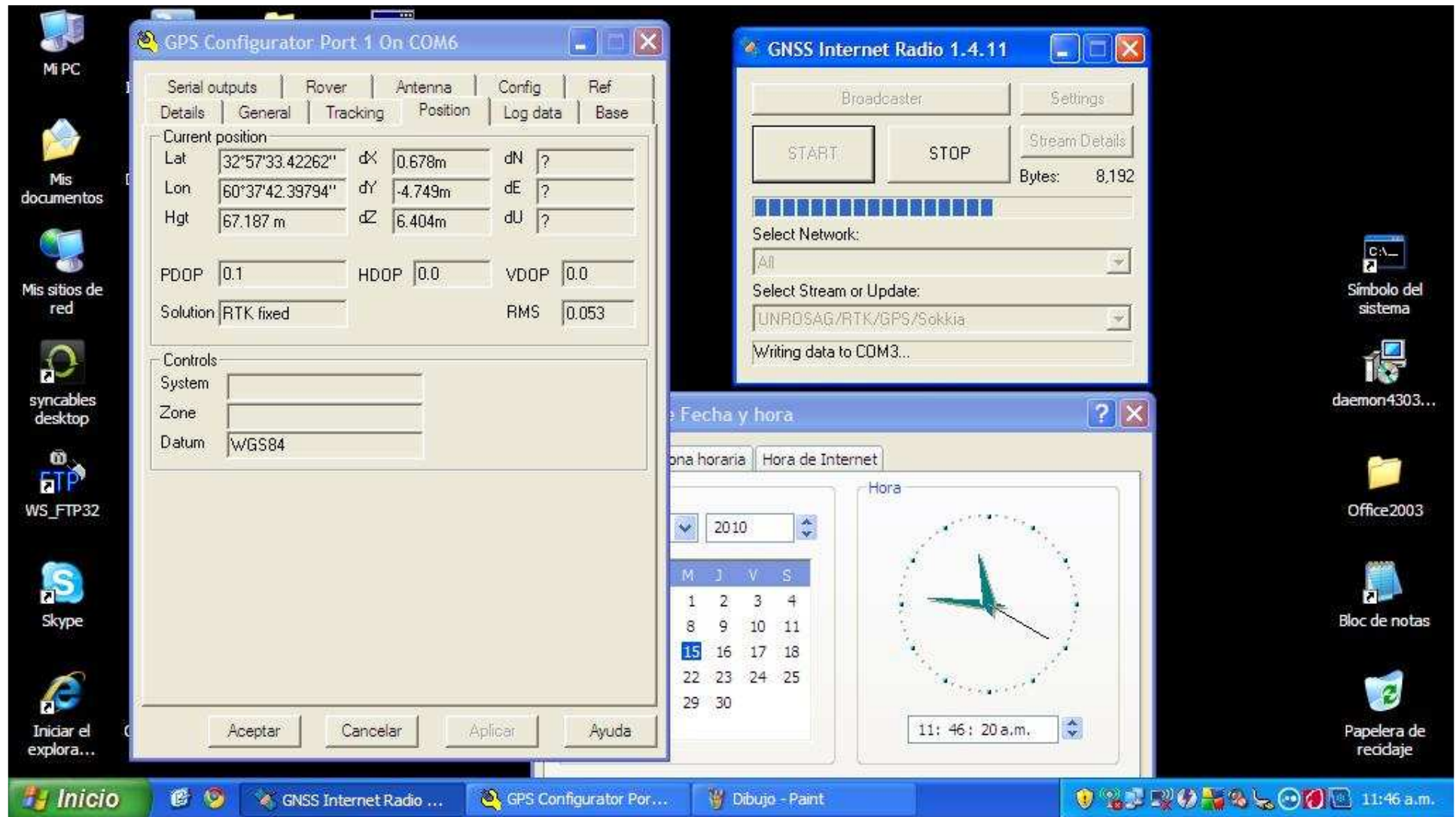


WPT	Lat.	Long.	Alt.	Dif. Lat. (m)	Dif. Lon. (m)	Dif. Alt. (m)
117	-32,958765	-60,6285677	42	-0,57	-1,38	-2
118	-32,9587664	-60,6285639	41	-0,72	-1,03	-3
119	-32,958769	-60,6285657	41	-1,00	-1,19	-3
120	-32,9587727	-60,6285664	41	-1,41	-1,27	-3
121	-32,9587747	-60,6285709	41	-1,64	-1,68	-3
224	-32,95875	-60,6285403	43	1,07	1,17	-1
225	-32,9587508	-60,6285425	44	0,99	0,97	0
226	-32,958755	-60,6285434	43	0,53	0,88	-1
227	-32,9587611	-60,6285419	42	-0,14	1,03	-2
228	-32,9587638	-60,6285413	42	-0,43	1,09	-2
229	-32,9587638	-60,6285409	43	-0,43	1,12	-1
230	-32,9587663	-60,6285389	44	-0,71	1,31	0
231	-32,9587707	-60,6285365	44	-1,20	1,54	0
232	-32,9587715	-60,6285393	44	-1,28	1,28	0
233	-32,9587704	-60,628542	44	-1,16	1,02	0
234	-32,958768	-60,6285426	43	-0,89	0,96	-1
235	-32,958765	-60,6285434	43	-0,57	0,89	-1
236	-32,9587621	-60,6285471	43	-0,25	0,54	-1
237	-32,9587565	-60,6285528	42	0,37	0,01	-2
238	-32,9587536	-60,6285506	42	0,68	0,22	-2
239	-32,9587613	-60,6285534	42	-0,16	-0,05	-2
240	-32,9587617	-60,6285482	42	-0,20	0,44	-2
241	-32,9587622	-60,6285428	43	-0,26	0,95	-1
PROMEDIO	-32,9587625	-60,628551	43	-0,30	0,18	-1

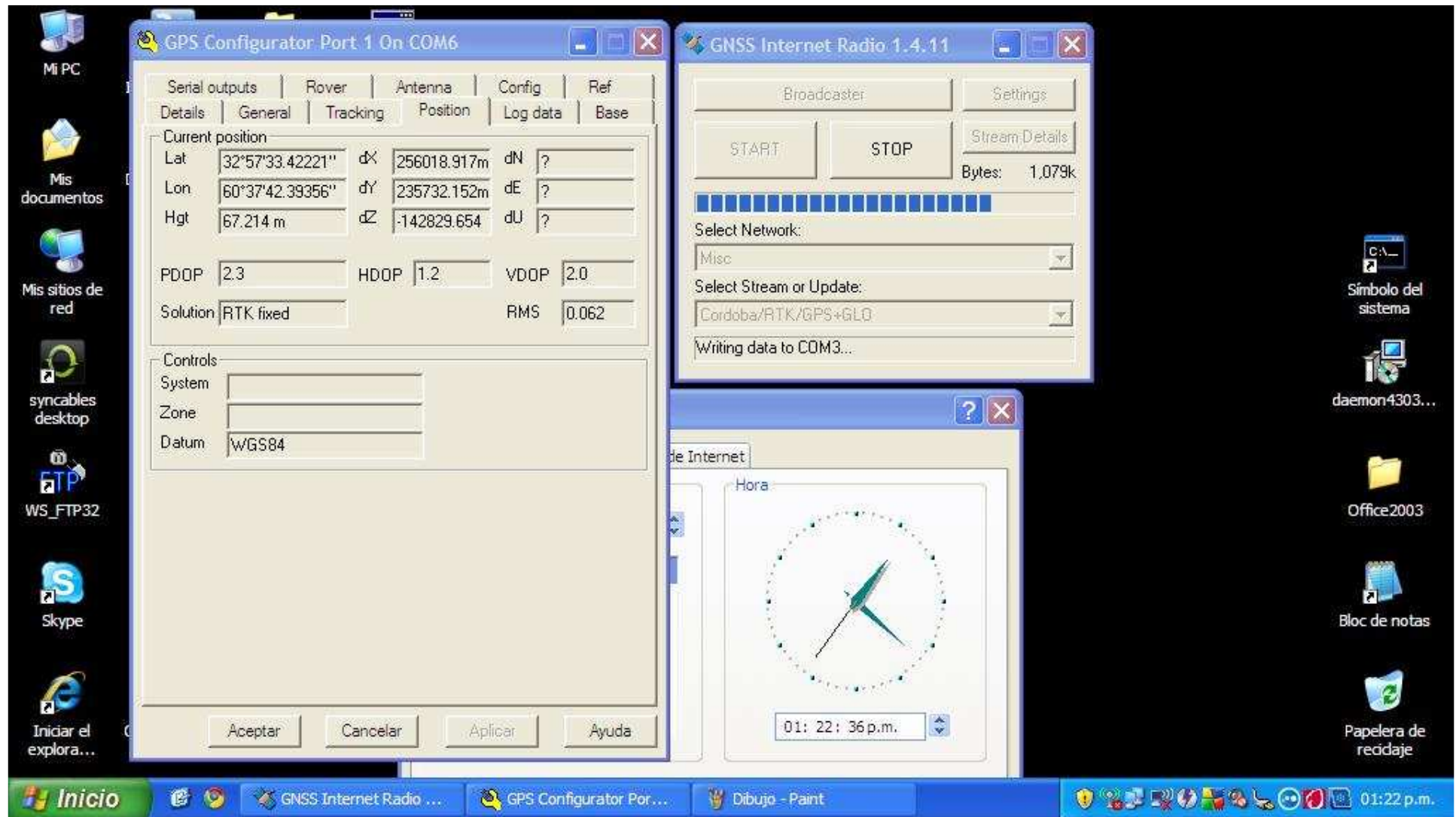


Receptor GPS
L1 - L2
recibiendo
corrección RTK
mediante
protocolo NTRIP

Estación BASE cercana (UNRO)



Estación BASE muy lejos (UCOR)



- En estas experiencias realizadas se utilizó una netbook y módem celular 3G para conectarse a internet y recibir NTRIP
- También existe la posibilidad de recibir NTRIP con teléfono celular (algunos modelos).
- Los receptores GNSS mas modernos tienen la posibilidad de incorporar módem 3G.
- Con estas alternativas ya no hay necesidad de periféricos.



Acceso al Marco de Referencia

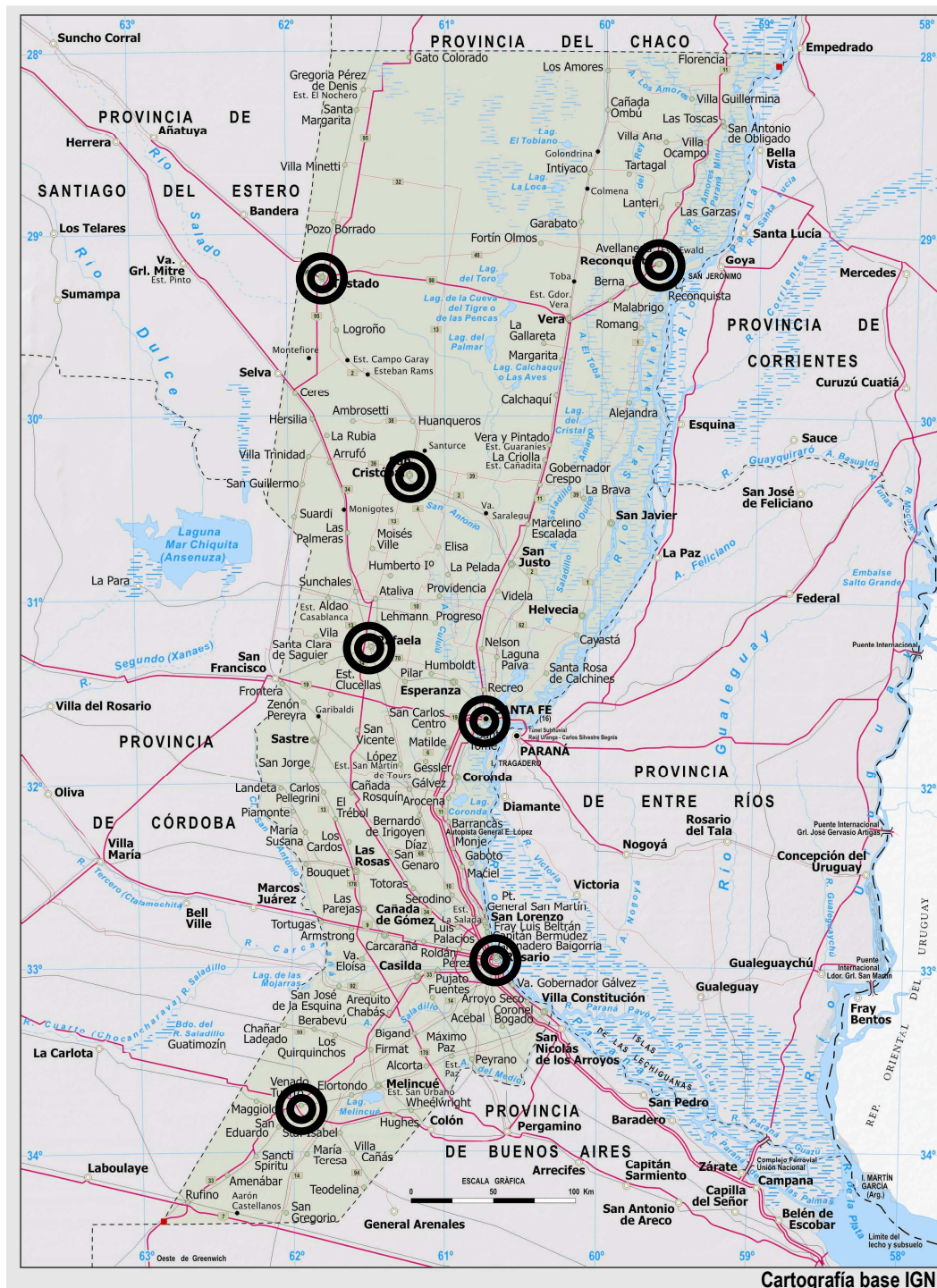
- Además de las ventajas que significa la obtención de coordenadas, en la modalidad de trabajo “tiempo real” el marco de referencia va “implícito” en la corrección
 - EP's transmitiendo en NTRIP permiten acceso al M.R. único, sin confusiones
- GEORREFERENCIACION

Concepto de red

- Un conjunto de EP's por si solo no conforma una red
- Acostumbramos a posicionarnos en “relativo”, pasar a pensar en trabajar respecto de una red, ya sea en PP o TR.
- La red se autocontrola, amplía posibilidades, p.ej.: FKP, VRS
- El usuario se posiciona no solo respecto de una EP, sino de varias y al mismo tiempo, lo que permite sobreabundancia de observaciones y control

INFRAESTRUCTURA DE ESTACIONES TERRESTRES PARA LA GEORREFERENCIACION EN LA PROVINCIA DE SANTA FE MEDIANTE POSICIONAMIENTO SATELITAL

- Al momento de redacción, agosto de 2010, la región constituida por las provincias de Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos cuenta solamente con dos EPGNSS: UCOR (Universidad Nacional de Córdoba) y UNRO (UNR).
- Tal situación contrasta notoriamente con la importancia de la actividad productiva, agropecuaria e industrial y, en general, con la magnitud e intensidad del conjunto de las actividades que son propias de la región.
- En el año 2009 el GGSR presentó a una convocatoria de la Secretaría de Estado de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Provincia de Santa Fe el proyecto de investigación que lleva el nombre del presente trabajo, el que fue aprobado mediante Res. 030/09.
- Impulsando la creación de una red regional de EPGNSS



Propuesta inicial de ubicación Estaciones Permanentes GNSS En Provincia de Santa Fe

Rosario
San Cristóbal
Venado Tuerto
Santa Fe
Rafaela
Tostado
Reconquista

- distancia mínima 85km
- distancia máxima 200 km
- cinco estaciones en nodos
- dist. Max. Usuario-EP 150 km
- con L1 σ (horiz) < 50cm
- datos para posproceso y tiempo real (NTRIP)

- En definitiva, el objetivo es que el usuario pueda obtener coordenadas con precisión $< 10\text{cm}$, usando un solo receptor remoto y en tiempo real.
- Muchas gracias por su atención

PPP + RT

- IGS: Disponibilidad de efemérides precisas y correcciones a los relojes de los satélites en tiempo real
- BKG: pone a disposición software BNC (BKG Ntrip Client) combina datos de observación y efemérides en TR, procesando en modo PPP
- La solución requiere de un tiempo de convergencia
- Originalmente diseñado para monitorear EP's a distancia recibiendo sus datos por internet, también acepta datos por puerto serie
- Por ahora para “test y evaluación”

PPP + RT

