



Grupo de Geodesia Satelital de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Universidad Nacional de Rosario

CURSO DE CAPACITACIÓN

GEOGRAFÍA Y GEORREFERENCIACIÓN

*APLICACIÓN DE **GPS** EN LA ENSEÑANZA*



Asociación del Magisterio de Santa Fe
Delegación Rosario

Datos útiles del curso

Lugar

AMSAFE Rosario – Catamarca 2330

Sitio oficial: <http://www.amsaferosario.org.ar/>

Destinatarios

Docentes

Fechas y horarios de realización

Vie. 18 y sáb. 19 de mayo y vie. 1, sáb. 2, vie. 15 y sáb. 16 de junio de 2012

Viernes de 19 a 22 hs.

Sábado de 9 a 12 hs.

Certificación

- Quienes acrediten 80% de asistencia a las horas presenciales obtendrán un certificado de ASISTENCIA.
- Quienes acrediten un mínimo de 80% de asistencia a las horas presenciales y aprobación del trabajo final obtendrán un certificado de ASISTENCIA CON EVALUACIÓN.

Duración y modalidad

18 horas presenciales

22 horas preparación y exposición de trabajo final para evaluación

Coordinación general

Ing. Geógrafo Aldo Mangiaterra – Director del Grupo de Geodesia Satelital Rosario

Sitio oficial: <http://www.fceia.unr.edu.ar/gps>

Docentes

Eduardo Huerta

Aldo Mangiaterra

Gustavo Noguera

Consultas

Aldo Mangiaterra <aldom@fceia.unr.edu.ar>

Gustavo Noguera <noguera@fceia.unr.edu.ar>



¡Copie este libro!

Esta obra está bajo una **Licencia Creative Commons**. Usted es **libre de compartir, copiar, distribuir, ejecutar, comunicar públicamente la obra y hacer obras derivadas**, reconociendo a sus autores y de manera no comercial.

Licencia en la web: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/ar/>

Índice de contenido

Objetivos	1
Núcleos temáticos	1
Georreferenciación	2
Geografía y georreferenciación	2
Salto tecnológico que deviene en cambio cultural	4
Aplicaciones	4
Cartografía	6
Resignificación de la cartografía	6
Propuesta de trabajo final (optativo)	7
Sistema de Posicionamiento Global GPS	8
Historia	8
Sistema GPS	8
Constelación de satélites	8
Estaciones de control	9
Usuarios - Receptores GPS	9
Obtención de coordenadas	10
Errores	12
Métodos de obtención de coordenadas	14
Coordenadas y Marcos de referencia	22
El espacio territorial y las coordenadas	22
¿Qué son las coordenadas espaciales?	22
Alturas	27
Conversiones al plano	28
Marcos de Referencia	30
Marcos de Referencia en la República Argentina	31
Red de Estaciones Permanentes GPS	32
Aplicaciones prácticas	34
Uso de navegador GPS	34
Práctica con navegador	37
Anexo A: Agricultura de precisión	38
Mapa de rendimiento de una parcela agrícola	38
Anexo B: Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo	39
Anexo C: Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas	40
Velocidades SIRGAS-CON	41

Objetivos

- Incorporar el concepto de georreferenciación.
- Informar sucintamente sobre la tecnología llamada GPS.
- Interpretar el aporte de la Georreferenciación al análisis de problemáticas de la Geografía.
- Capacitar a los docentes para el uso de la Georreferenciación en la enseñanza de Geografía.
- Reconocer el valor de la información territorial georreferenciada.
- Interrelacionar los conocimientos y experiencia en docencia e investigación entre distintos niveles del proceso educativo.
- Desarrollar propuestas didácticas utilizando modernas tecnologías vinculadas a la enseñanza de Geografía.

Núcleos temáticos

Georreferenciación

Definición. Evolución. Su importancia en el estudio y enseñanza de la Geografía. Significación práctica en las actividades humanas. Diversos tipos de aplicaciones. Estudio particular de su importancia y aplicación en la Cartografía. Ejemplos.

Sistema de Posicionamiento Global GPS

Historia y descripción del Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Los satélites. El sistema de monitoreo y control desde tierra. Los usuarios de GPS. Otros sistemas similares al GPS: ruso (GLONASS), europeo (GALILEO) y chino (COMPASS). Estado actual y perspectiva. Estación Permanente GPS de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura.

Coordenadas

El espacio territorial expresado mediante coordenadas. Importancia del uso de coordenadas en Geografía. Concepto de coordenadas espaciales. Coordenadas geográficas: latitud, longitud y altura. Proyecciones cartográficas. Cartas, mapas y planos. Escalas. Curvas de nivel. Pendientes. Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Aplicaciones Prácticas

Uso de navegador GPS y obtención de coordenadas y almacenamiento, definición de rutas, conducción hacia un sitio de coordenadas conocidas, cálculo de distancias. Aplicaciones del GPS en el transporte. Uso de programas como Google Earth y Google Maps.

Georreferenciación

Definición. Evolución. Su importancia en el estudio y enseñanza de la Geografía. Significación práctica en las actividades humanas. Diversos tipos de aplicaciones. Estudio particular de su importancia y aplicación en la Cartografía. Ejemplos.

Geografía y georreferenciación

1. Información georreferenciada
2. Impacto en la enseñanza de Geografía
3. Uso popular de GPS

Coordenadas geográficas ¿Cómo obtenerlas?

- **GPS:** Sistema de Posicionamiento Global
- **GNSS:** Sistema Global de Navegación Satelital

La Georreferenciación

- expresa COORDENADAS en un SISTEMA DE REFERENCIA ÚNICO MUNDIAL
- DOCUMENTO UNIVERSAL DE IDENTIDAD de los Puntos del Espacio

Por ejemplo, se puede ver con Google Earth:

32° 57' 33.3" S, 60° 37' 47.2" W	↔	Pellegrini y Ayacucho, Rosario
32° 57' 34.3" S, 60° 37' 41.9" W	↔	Pellegrini y Colón, Rosario

La Georreferenciación

- Identifica: puntos
- Vincula: punto con punto
- Correlaciona: el mismo punto en distintas épocas y en distintas fuentes

Geografía y georreferenciación

- LA GEOGRAFÍA ESTUDIA LA SOCIEDAD Y EL TERRITORIO (en sus distintas manifestaciones), PERO VINCULADOS ENTRE SÍ
- LA GEORREFERENCIACIÓN BRINDA LA CORRELACIÓN FÍSICA ENTRE SOCIEDAD Y TERRITORIO
- HOY ES POSIBLE "CAMINAR" SOBRE LA CARTOGRAFÍA

Del rigor en la ciencia

En aquel Imperio, el Arte de la Cartografía logró tal perfección que el mapa de una sola Provincia ocupaba toda una Ciudad, y el mapa del Imperio, toda una Provincia. Con el tiempo esos mapas desmesurados no satisfacían

ron, y los Colegios de Cartógrafos levantaron un mapa del Imperio que tenía el tamaño del Imperio y coincidía puntualmente con él. Menos adictas al Estudio de la Cartografía, las generaciones siguientes entendieron que ese dilatado mapa era inútil y no sin impiedad lo entregaron a las inclemencias del sol y de los inviernos.

En los desiertos del oeste, perduran despedazadas ruinas del mapa, habitadas por animales y por mendigos...

– Jorge Luis Borges



Ilustración 1: Ejemplo de domicilio en lenguaje universal

<i>Salto tecnológico que deviene en cambio cultural</i>
--

- Celulares
- Taxis
- Google Earth / Maps

¿QUIÉN LO EXPLICA?

¿PROPUESTA DEL DOCENTE O DEMANDA DE LA REALIDAD?

Aplicaciones

Científicas

- Desplazamiento de la corteza terrestre
- Monitoreo de corrientes marinas
- Velocidad de aguas fluviales
- Límites de cuencas
- Estudio de fauna

Catastrales

- Ley Nacional de Catastro
- Límites administrativos
- Áreas de reservas
- Censos
- Zonas periurbanas de restricción de herbicidas

Movimiento de personas y cosas

- Transporte
 - Aéreo
 - Marítimo
 - Fluvial
 - Terrestre
- Circulación de vehículos

Obras de ingeniería

- Conexión física: Rosario – Victoria

- Ubicación de las cabeceras
- Construcción simultánea de puentes

Asuntos legales

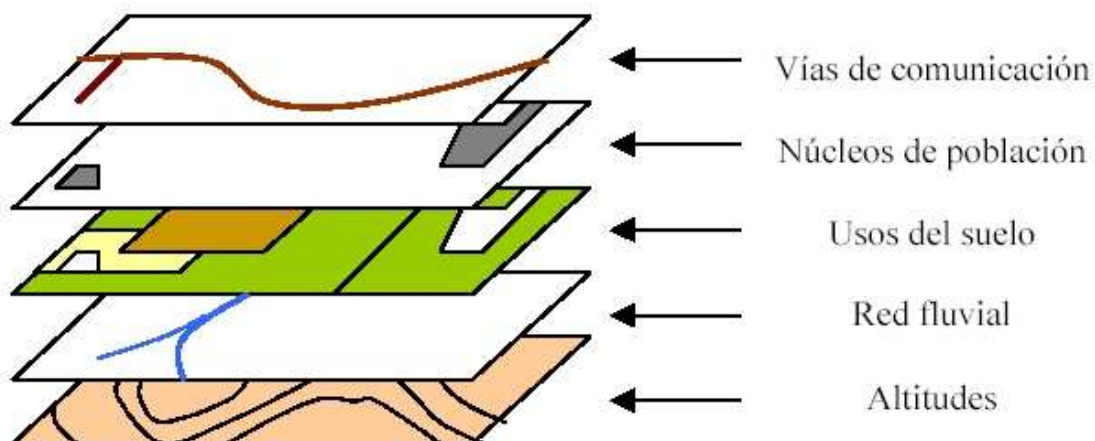
- Contrabando
- Límites de la propiedad
- Seguros
- Etcétera

Agricultura de precisión

- Topografía
- Mapas de suelos
- Mapas de rendimiento
- Guiado y autoguiado de maquinaria
- Dosificación de herbicidas y fertilizantes
- Programación de siembra
- Ver ilustración en Anexo A: Agricultura de precisión, página 38.

Sistemas de Información Geográfica (SIG)

- Integran información gráfica y alfanumérica correlacionada por su georreferenciación



Cartografía

- Historia de la Cartografía
 - Conquista
 - Comercio
 - Ciencia
- Cartografía argentina
 - Rica historia y gran déficit
 - Ley de la Carta (Nº 22.963 del año 1941 reformada en 1983)
 - <http://www.ign.gob.ar/AreaInstitucional/LeyDeLaCarta>
 - Divergencia entre los intereses civil y militar

“... el valor de la cartografía a tal punto que podemos considerarla hoy, un medio más de combate.”

Ejército Argentino - Lectura de cartografía, 1973

Ley de la Carta - Artículo 18º

Prohíbese la publicidad de cualquier carta, folleto, mapa o publicación de cualquier tipo que describa o represente, en forma total o parcial, el territorio de la República Argentina, sea en forma aislada o integrando una obra mayor, sin la aprobación previa del Instituto Geográfico Militar.

Resignificación de la cartografía

- Hay un cambio cultural
- Su base tecnológica es la georreferenciación

Pensar

- Papel de la docencia
- Papel del Instituto Geográfico Nacional (IGN)

Desafío

- Impacto en la enseñanza de geografía
- Concordancia entre posibilidades tecnológicas y posibilidades materiales
- Sin embargo “... *lo esencial es invisible a los ojos*”, dijo el Principito

Propuesta de trabajo final (optativo)

- Título: Georreferenciación y enseñanza de Geografía.
- Contenido: Propuesta didáctica.
- Extensión: Texto de 2000 a 3000 palabras (4 a 6 páginas), formato A4, con gráficos por separado.
- Autoría: Individual o grupal hasta tres participantes.
- Presentación: Exposición.
- Plazo: A definir.
- Consultas: Correo y/o presencial
 - Aldo Mangiaterra: aldom@fceia.unr.edu.ar
 - Gustavo Noguera: noguera@fceia.unr.edu.ar

Sistema de Posicionamiento Global GPS

Historia y descripción del Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Los satélites. El sistema de monitoreo y control desde tierra. Los usuarios de GPS. Otros sistemas similares al GPS: ruso (GLONASS), europeo (GALILEO) y chino (COMPASS). Estado actual y perspectiva. Estación Permanente GPS de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura.

Historia

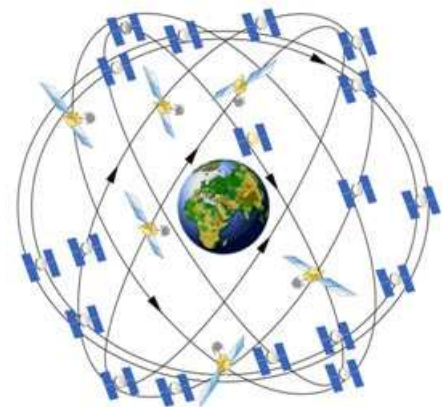
- 1^{er} satélite artificial Sputnik I, octubre de 1957
- Sistema Transit, año 1964
- GPS Sistema de Posicionamiento Global, primer satélite puesto en órbita en febrero de 1978; completo en diciembre de 1993, en la actualidad continúa con mejoras
- Concebido para uso militar por el Departamento de Defensa de los EE.UU.
- Objetivo: obtener coordenadas en cualquier lugar del planeta, en todo momento y condición

Sistema GPS

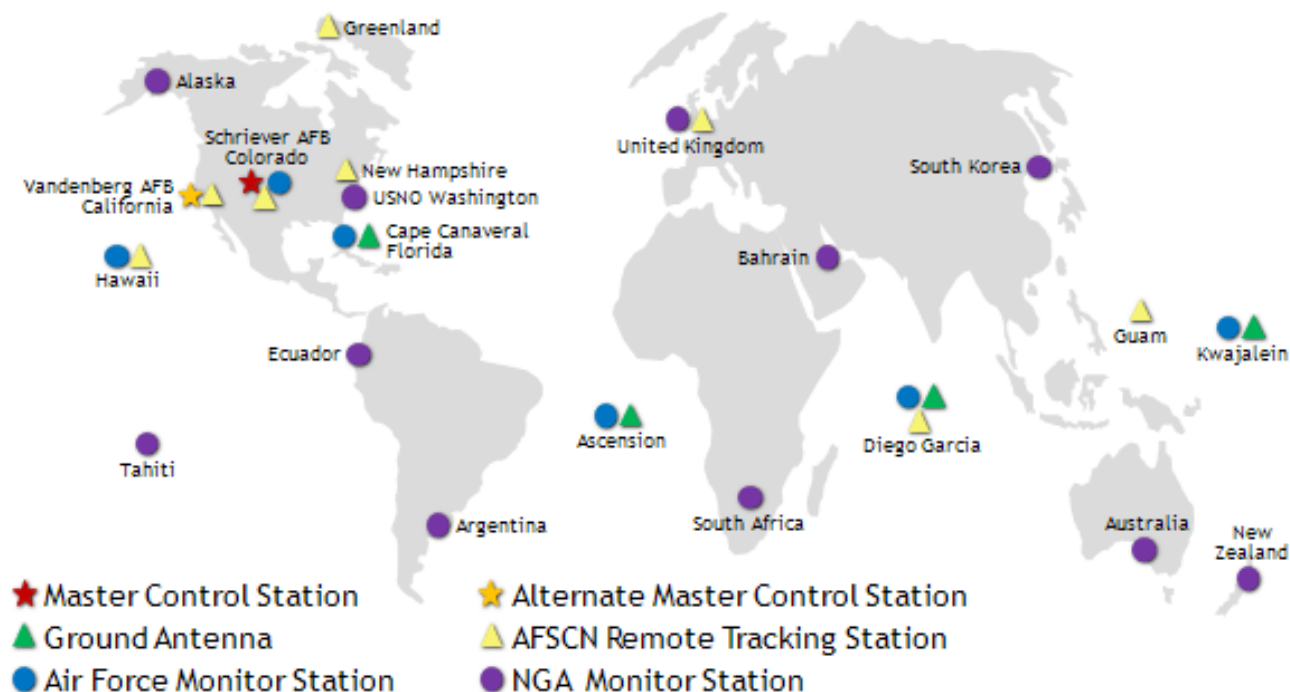
- 3 componentes:
 - Satélites
 - Estaciones de control
 - Usuarios

Constelación de satélites

- Original 24 satélites
- Actualmente 32
- Identificación mediante PRN
- Relojes atómicos
- 6 planos orbitales
- 55° de inclinación respecto al plano del Ecuador
- Altura: 20200 km
- Período de 1 órbita: 12 hs
- Velocidad de desplazamiento de los satélites: 3.86 km/s ó 13900 km/h
 - Imágenes del sitio oficial del Sistema GPS: <http://www.gps.gov/systems/gps>



Estaciones de control



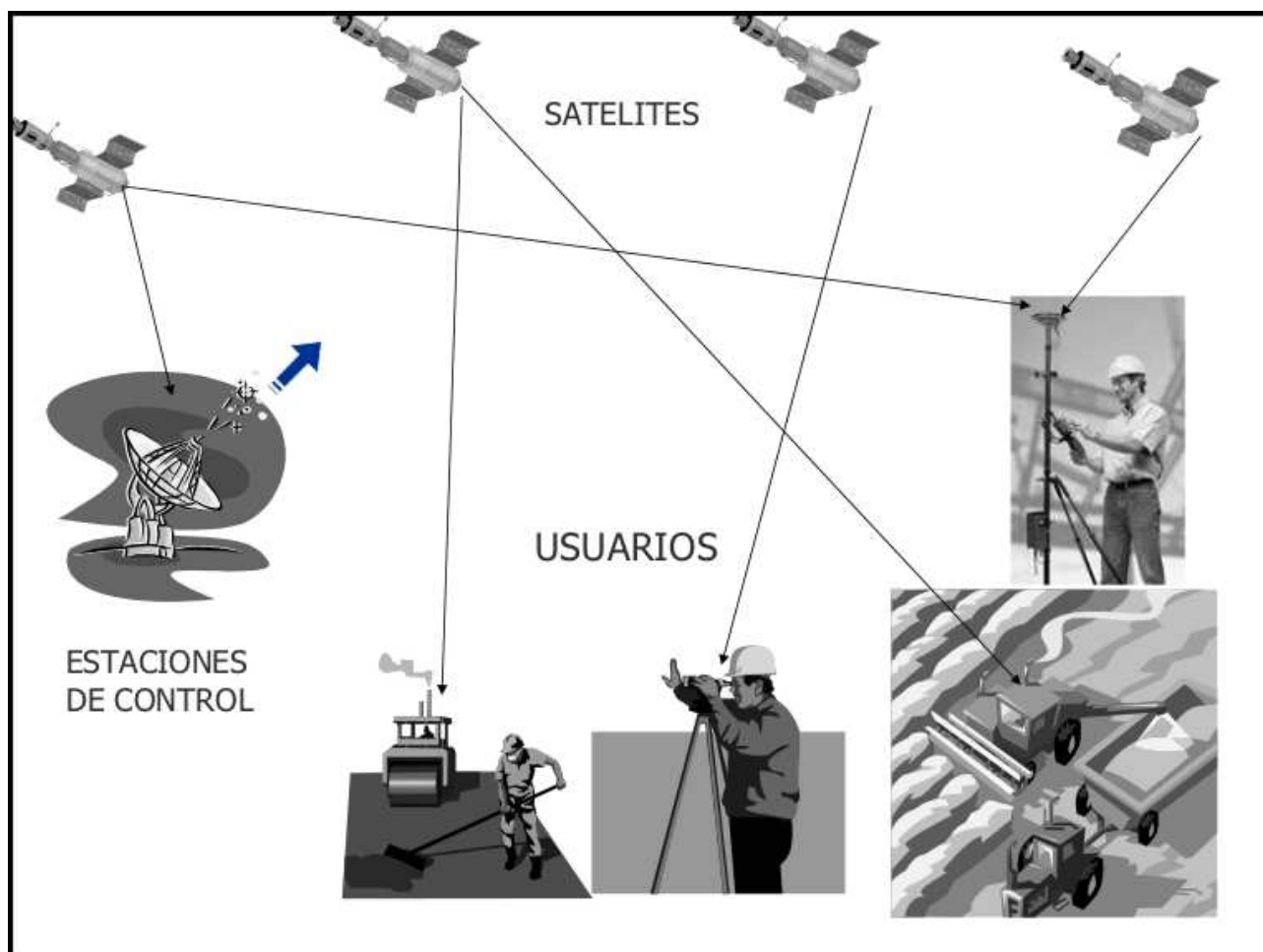
Algunas de sus funciones son:

- Monitoreo permanente de los satélites
- Determinación de órbitas, sincronización de relojes
- Transmisión a los satélites de la información procesada

Usuarios - Receptores GPS

- Antena
- Procesador de señal
- Reloj de cuarzo
- Memoria para almacenamiento
- Función básica: obtener coordenadas





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

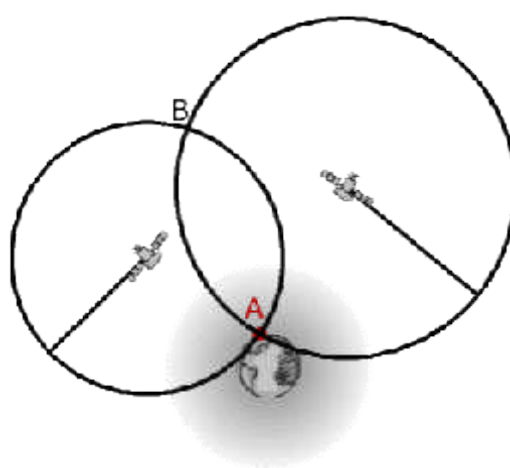


Ilustración 2: En el plano

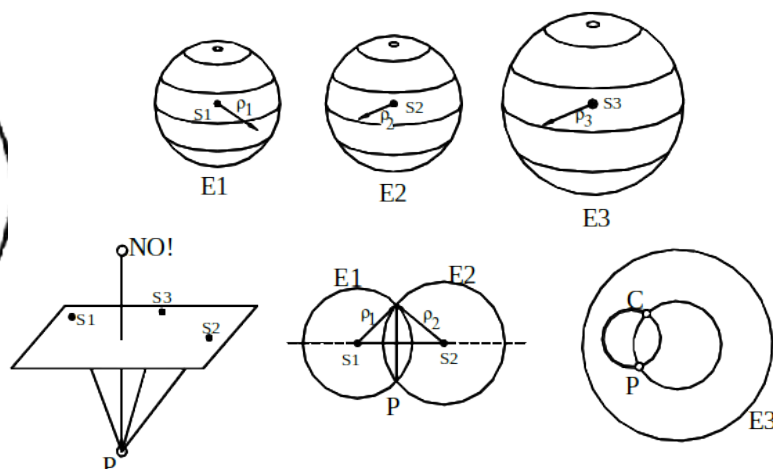
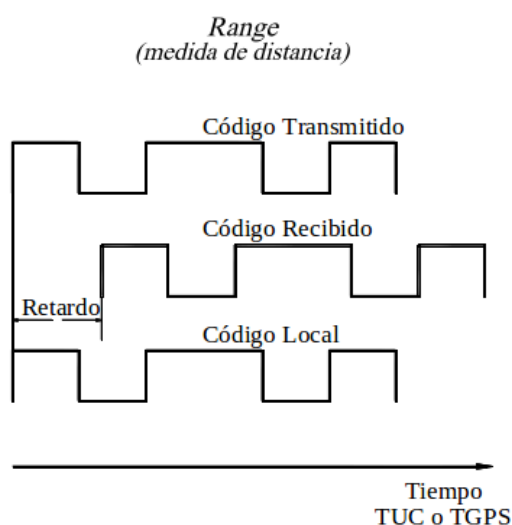


Ilustración 3: En el espacio

Se obtiene DISTANCIA midiendo TIEMPO

- Velocidad con que se traslada la señal, $c=300000\text{ km/s}$
- Distancia (media) a la que están los satélites: 20000 km
- Tiempo que tarda la señal en llegar desde el satélite al receptor: 0.067 s aprox. (es decir, 67 milésimas de segundo)
- Una milésima de más o de menos significa ¡ 300 km de error !
- Precisión de buen reloj de cuarzo:
0,000001 segundos
(1 microsegundo, equivalente a 300 metros)
- Precisión del reloj atómico en los satélites: entre
0,000000000001 y
0,0000000000001 segundos
(1 billonésimo de segundo o menor aún)
- Apreciación de la medición en receptor:
0,00000001 segundos
(10 nanosegundos, equivalente a 3 metros)

Se obtiene el TIEMPO midiendo el retardo en la recepción de la señal



Medición de distancia usando el código de libre adquisición C/A

Eso permite:

- el reconocimiento del satélite
- la generación en el receptor de una réplica
- producir la correlación (entre recibido y réplica)
- medición del retardo

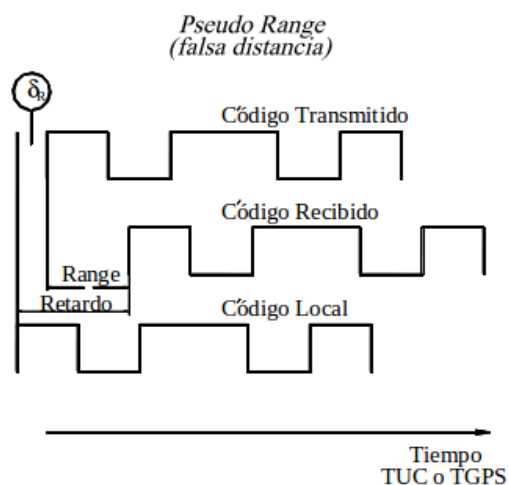
Retardo=Range (distancia)

Incógnitas: X Y Z Coord. de la antena

Relación entre:

CODIGO C/A	TIEMPO	DISTANCIA EQUIVALENTE
Código completo	1 milisegundo	300000 metros
Un elemento	1 microsegundo	300 metros
Apreciación	10 nanosegundos	3 metros

Pero se miden SEUDODISTANCIAS



Retardo = Range + 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 (error de reloj del receptor)

INCOGNITAS

Por tanto hay 4 incógnitas:

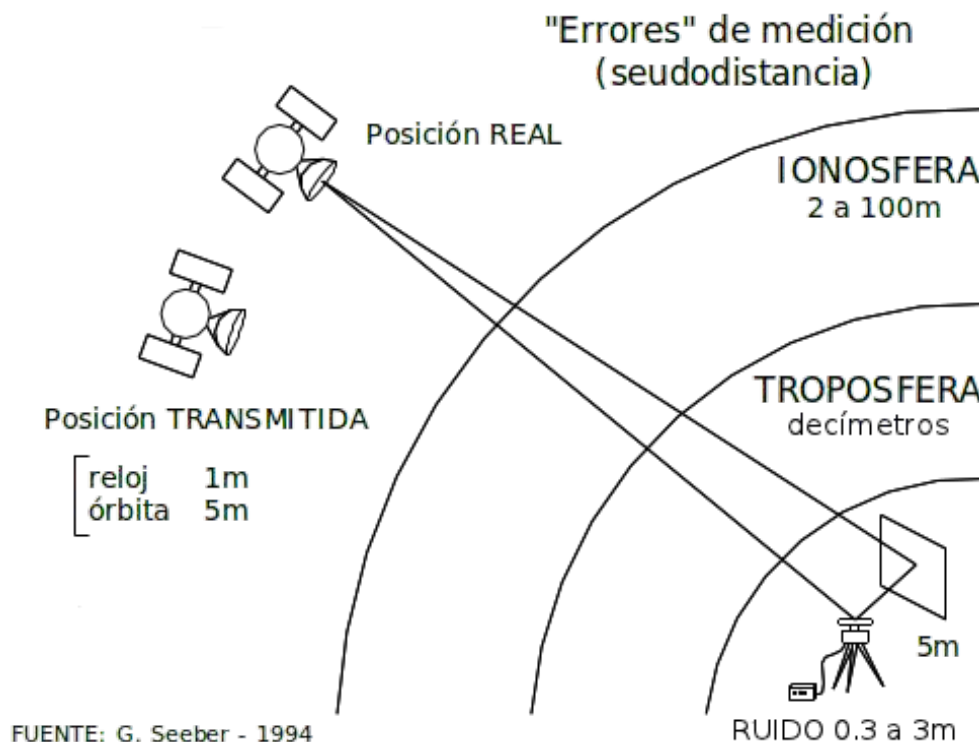
- 3 de posición: (X_P, Y_P, Z_P)
- 1 de reloj: δ_R

Se resuelve observando 4 satélites.

ES UNA OPERACIÓN MATEMÁTICA RELATIVAMENTE SIMPLE

Para mayor información, se puede consultar el libro **GPS Posicionamiento Satelital**, Capítulo 3, en su versión digital en el sitio del GGSr: <http://www.fceia.unr.edu.ar/gps> en la sección *Publicaciones*.

Errores



FUENTE: G. Seeber - 1994

Errores sistemáticos

- Efemérides y reloj de satélite
- Influencia de la atmósfera
- Ondas reflejadas

Se busca reducir su influencia: Mejorando la información y/o por métodos operativos.

Errores accidentales

- Correlación de códigos

Se apela a la “sobreabundancia” de observaciones y a la búsqueda del “valor mas probable”, mediante el cálculo matemático de ajustes.

Precisión

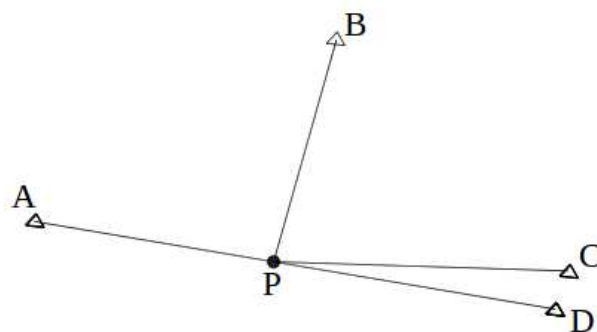
La precisión depende de:

- La calidad de la medición
- La sobreabundancia de datos
- La configuración geométrica del sistema

Veamos un ejemplo en intersección plana desde dos puntos:

Referencias

convenientes	inconvenientes
AB	AC
BC	AD
BD	CD

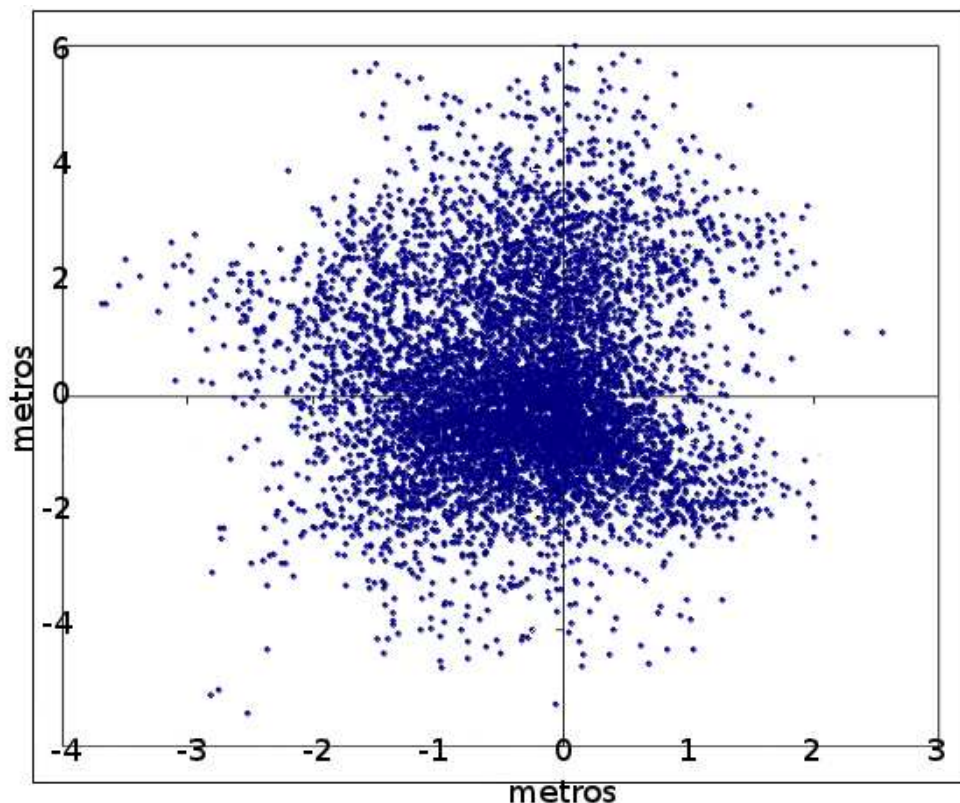


En definitiva, **se puede obtener una precisión del orden de los 15 metros, en posicionamiento con un solo receptor, en forma instantánea y en el 95% de los casos.**

Si sólo se mide Latitud y Longitud, la precisión resulta mejor que 10 metros.

Dispersión horizontal en mediciones sucesivas

El gráfico siguiente muestra la dispersión horizontal (Latitud y Longitud en metros) respecto de coordenadas "verdaderas".



Posiciones obtenidas con un receptor fijo, cada 30 segundos durante 24 horas.

Métodos de obtención de coordenadas

Posicionamiento absoluto

- Con Código de Libre adquisición (C/A)
- Con 1 solo receptor

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

Ejemplo de ESTÁTICO

- Receptor estacionado sobre un punto.
- Calculando posición.
- Solución en 3D.

Ejemplo de MÓVIL

- Receptor en movimiento.
- Calculando posición, por ejemplo, cada 1 segundo.
- Solución en 3D, instantánea.
- Solución típica de navegación: 1 posición por segundo, describe la *trayectoria*.

Ejemplos de receptores que usan estos métodos

Navegadores:

- de mano



- para auto

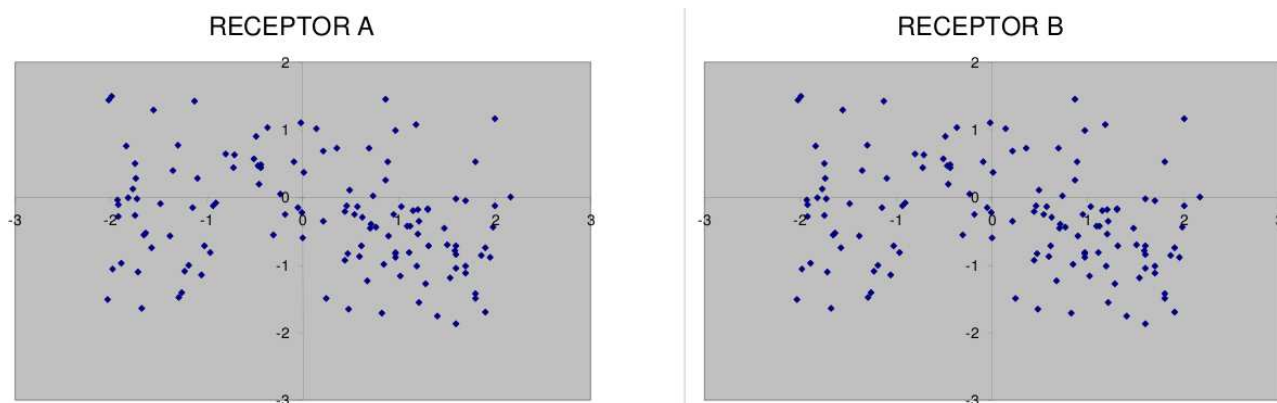


- diseños específicos: transporte, navegación aérea, embarcaciones, práctica deportiva...



Posicionamiento relativo

Consideremos el caso de: DOS RECEPTORES, cercanos entre sí, rastreando los mismos satélites y obteniendo posiciones en el mismo momento.

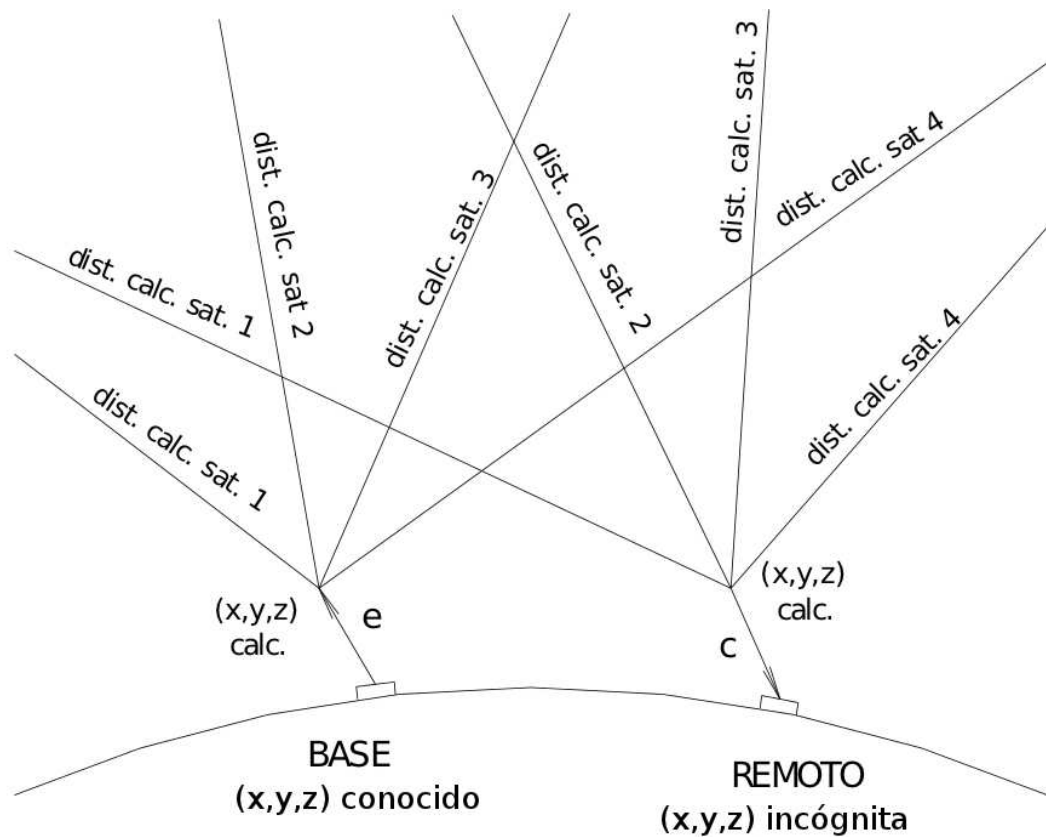


Los errores que se generan en los satélites y en la propagación de la señal, afectan de forma “similar” a ambas estaciones (depende de su separación).

Corrección diferencial

Los errores propios del satélite y de la propagación de la señal afectan de manera similar a las 2 estaciones cuando están próximas entre sí.

La precisión del posicionamiento GPS mejora notablemente al aplicar corrección diferencial.



- 2 receptores
- Importante: datos comunes
- Uno de los receptores, fijo: ESTACION BASE
- El otro: RECEPTOR REMOTO

Estación base

Receptor estacionado sobre punto de coordenadas conocidas.

Receptor remoto

Estático

- Receptor estacionado sobre punto a relevar
- Se aplica corrección diferencial
- Posición final: promedio de las posiciones corregidas
- Obtención del resultado: en post-proceso o en tiempo real

Móvil

- Receptor en movimiento

- Se aplica corrección diferencial
- Solución final: trayectoria
- Obtención del resultado: en post-proceso o en tiempo real

Precisiones GPS Diferencial (Código C/A)

Observable	Separación estaciones (km)	Precisión en posición	
		Instantánea (m)	Promedio 3 min. (m)
Código C/A	10	8	4
	500	10	5
Código C/A suavizado	10	3	0.3
	500	7	4
Futuro L2C	500	< 3	< 1

Corrección en Tiempo Real

Llamada DGPS.

Estación BASE calcula y transmite corrección de distancias vía Link de Radio o Internet (formato RTCM-NTRIP).

Precisión en función de la distancia y el tiempo de actualización de la corrección.

Algunos navegadores tienen la posibilidad de recibir DGPS.

Ejemplos de receptores que usan estos métodos

Navegadores con posibilidad de recibir DGPS, corrigen en tiempo real.



Ilustración 4: Receptores DGPS

Receptores para Cartografía (por ej. Sistemas de Información Geográfica), tienen la posi-

bilidad de almacenar las observaciones y corregir en post-proceso y algunos también en tiempo real.

Posicionamiento relativo con fase

- Método de medición: estático / móvil
- Obtención del resultado: post-proceso / tiempo real
- Precisiones: del metro al centímetro, dependiendo de las variables anteriores y la distancia Base-Remoto

Usos según las características de las señales que puede captar el receptor

- Cartografía (por ejemplo Sistemas de Información Geográfica): navegadores (receptores de código de libre adquisición) o receptores de simple frecuencia (Ver Ilustración 4: Receptores DGPS, página 18)
- Topografía y Geodesia: receptores de simple o doble frecuencia



Ilustración 5: Receptores para medición con fase

Coordenadas del punto BASE

En cualquier tipo de levantamiento GPS RELATIVO, nos referimos a la ESTACION BASE como: un Receptor estacionado sobre punto de “coordenadas conocidas”.

¿Con qué precisión conocemos estas coordenadas?

Promedio de posiciones en absoluto.

PPP (posicionamiento puntual preciso).

Vinculación a un punto del Marco de Referencia.

Estación Permanente GPS.

GEORREFERENCIACION

Estación Permanente GPS (GNSS)

Concepto de Estación Permanente (EP): Receptor GPS/GNSS rastreando todos los satélites posibles, en forma continua, las 24 horas.

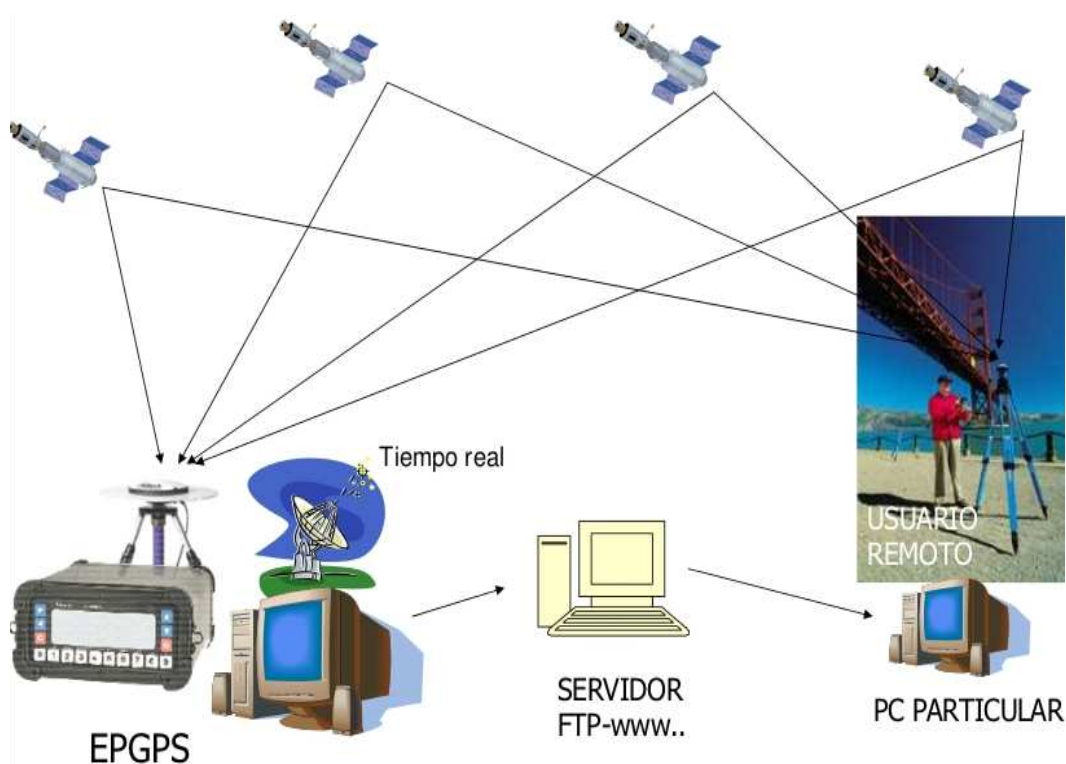
Coordenadas conocidas y publicadas.

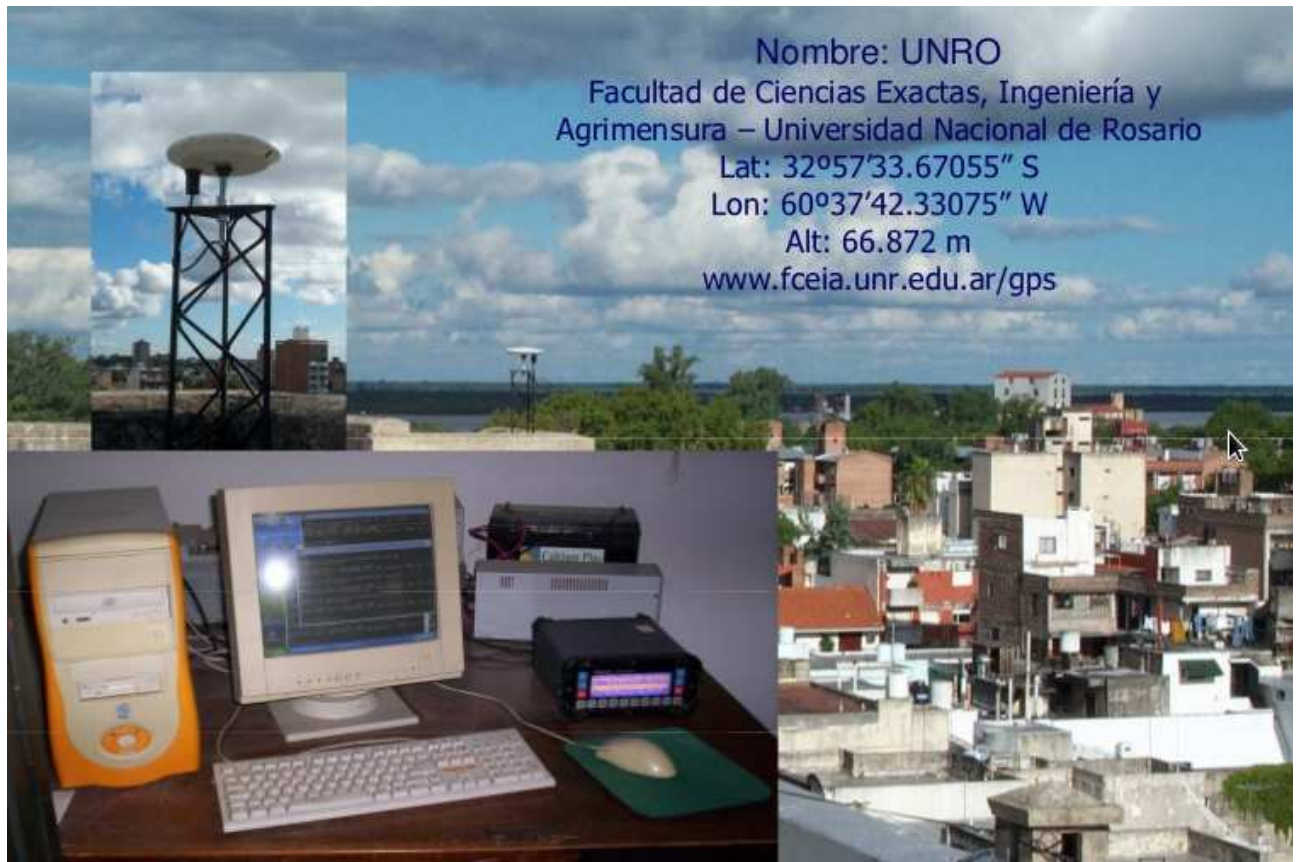
Sistema de almacenamiento y publicación de los datos, a disposición de los usuarios.

¡Debe ser un sistema confiable!

Servicios prestados por las EP

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 de los equipos de los usuarios



Estación Permanente GPS Rosario**Sistemas de mejoramiento de la precisión**

SBAS (Satellite Based Augmentation System)

- WAAS - Wide Area Augmentation System (US)
- EGNOS - European Geostationary Navigation Overlay System
- Y otras regiones también los han implementado...

Conjunto de estaciones permanentes de rastreo.

Cálculo de correcciones y monitoreo del funcionamiento de los satélites.

Transmisión de la corrección vía señal satelital.

Sistema Global de Navegación Satelital (GNSS) a abril de 2012

- GPS: 32 satélites y además nuevas señales
- GLONASS: 24 satélites funcionando + 7 en órbita no operativos
- GALILEO: 2 satélites (lanzarán 2 más en 2012, proyectados 30 para 2019)
- COMPASS/BEIDOU: 10 satélites (cobertura limitada a China, proyectados 35 para 2020)
- y además sistemas de aumentación...

Coordenadas y Marcos de referencia

El espacio territorial expresado mediante coordenadas. Importancia del uso de coordenadas en Geografía. Concepto de coordenadas espaciales. Coordenadas geográficas: latitud, longitud y altura. Proyecciones cartográficas. Cartas, mapas y planos. Escalas. Curvas de nivel. Pendientes. Instituto Geográfico Nacional (IGN).

El espacio territorial y las coordenadas

Si queremos conocer el espacio territorial necesitamos determinar:

- Forma
- Dimensión
- Ubicación

La superficie terrestre es irregular y por eso su representación se aproxima a través de la determinación de la posición espacial de puntos de la misma. Esto es llamado *discretización*.

¿Qué son las coordenadas espaciales?

A cada posición espacial (a cada punto del espacio) le corresponde un juego de coordenadas (x, y, z) . Para esto es necesario definir previamente un Sistema de Referencia, lo que implica definir la posición del origen de coordenadas y la orientación de los ejes.

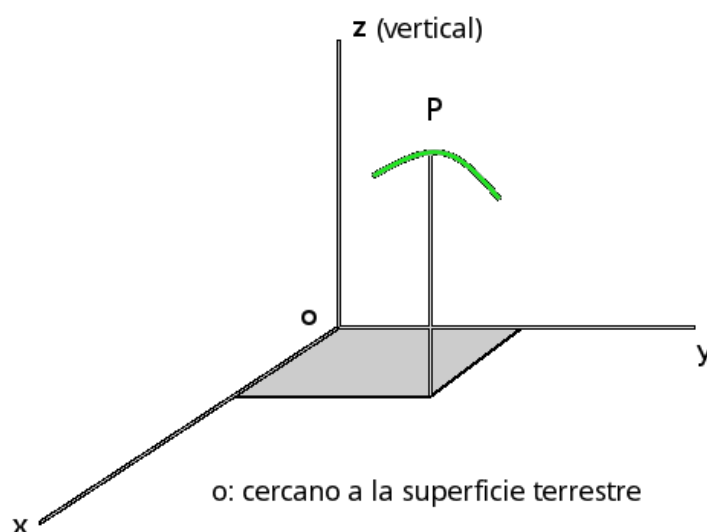
Los sistemas de referencia

Un Sistema de Referencia Terrestre (SRT) es un Sistema de Referencia FIJO A LA TIERRA.

Se pueden definir:

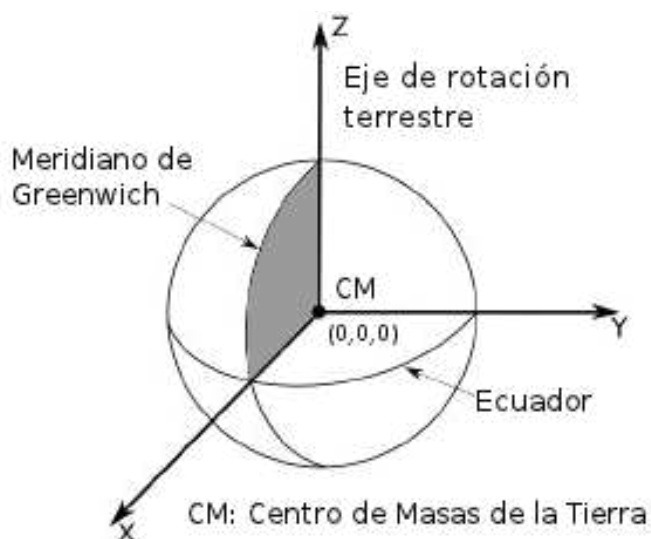
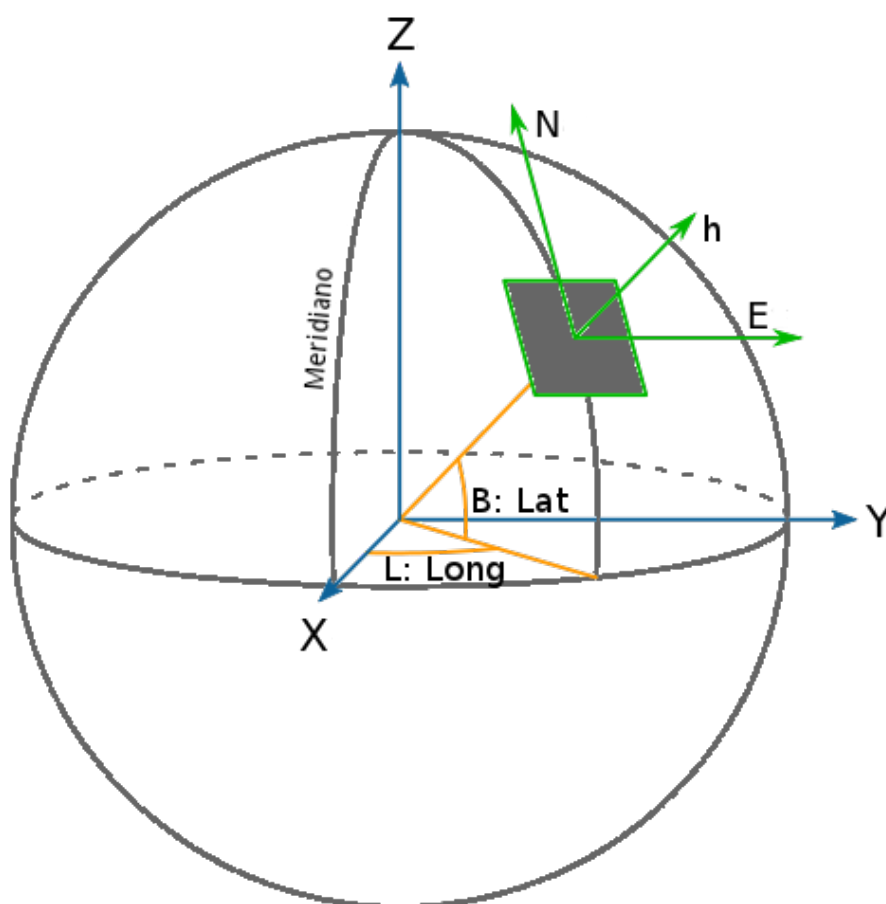
Sistemas de referencia locales

Eje z coincidente con la vertical. La vertical en cada punto es fácilmente materializable (dirección del hilo de la plomada).



Sistema de referencia global (único para todo el planeta)

Eje z coincidente con la dirección del eje de rotación terrestre. Su definición es compleja y para ello se recurre a la astronomía.

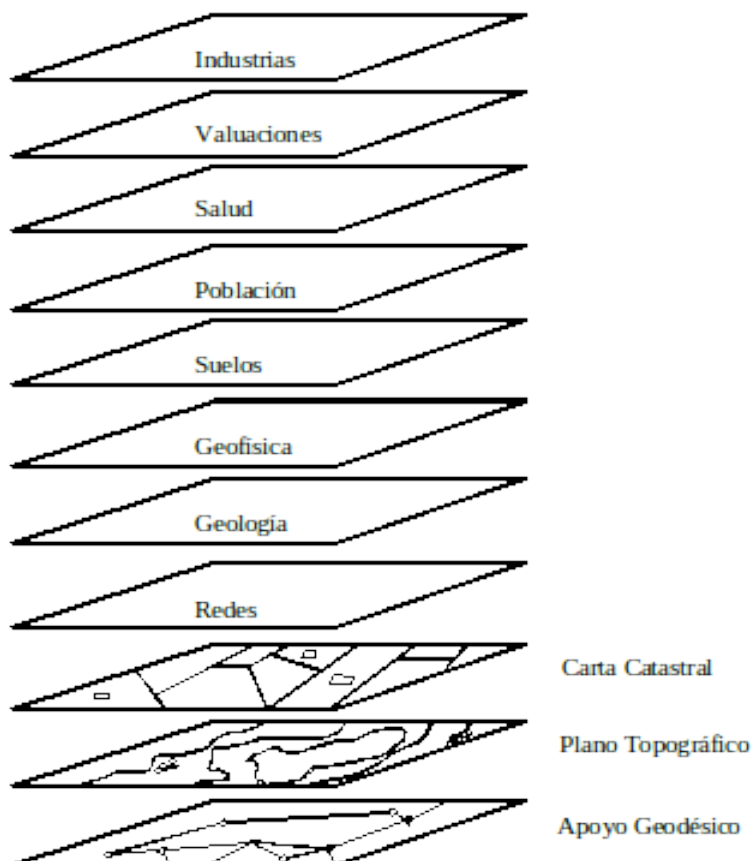
**Visión de ambos sistemas (local y global) suponiendo que la Tierra es esférica**

El sistema ENh (Este, Norte, Altura) ejemplifica un sistema local, es decir, de una región de la Tierra. El sistema XYZ es global y geocéntrico.

Ejemplo de **coordenadas cartesianas geocéntricas** de la Estación Permanente UNRO

Punto	Marco de Referencia	x [m]	y [m]	z [m]
UNRO	POSGAR '07	2627448.1964	-4668383.1855	-3450213.4867

Visión de la Tierra en capas (Noción de Sistemas de Información Geográfica)



Superficies de referencia

Concepto de Superficie de nivel (superficie horizontal).

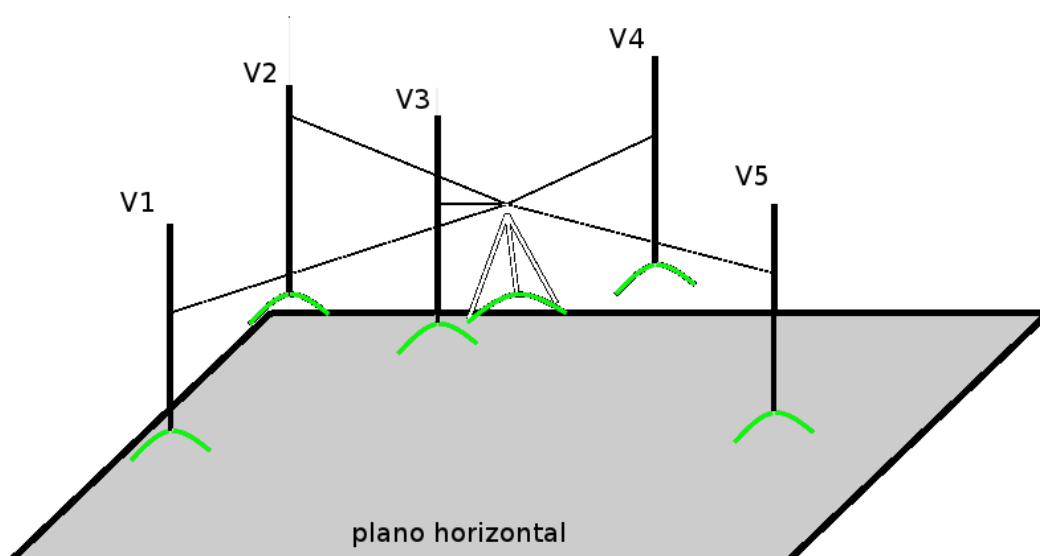
Vertical

Dirección de la plomada.

En una región acotada o relativamente pequeña:

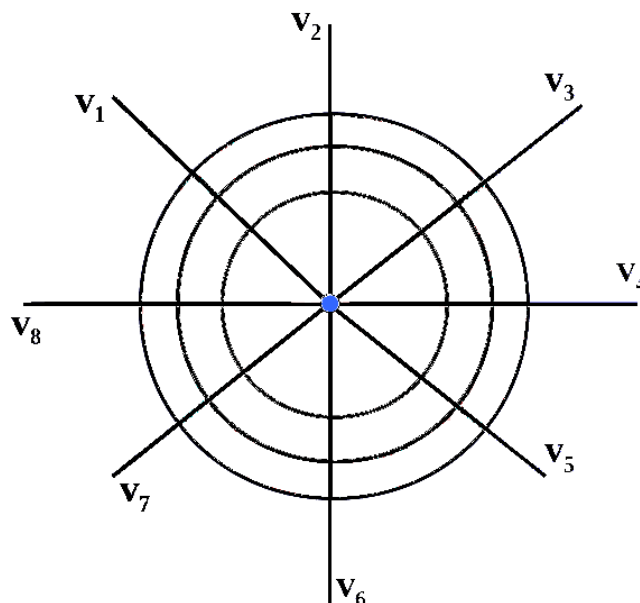
- las verticales son paralelas entre sí;
- las superficies horizontales son planas.





Una mejor aproximación es considerar a la Tierra como esférica, homogénea e irrotacional y su masa concentrada en el centro. Entonces son:

- verticales concurrentes al centro
- superficies horizontales esféricas

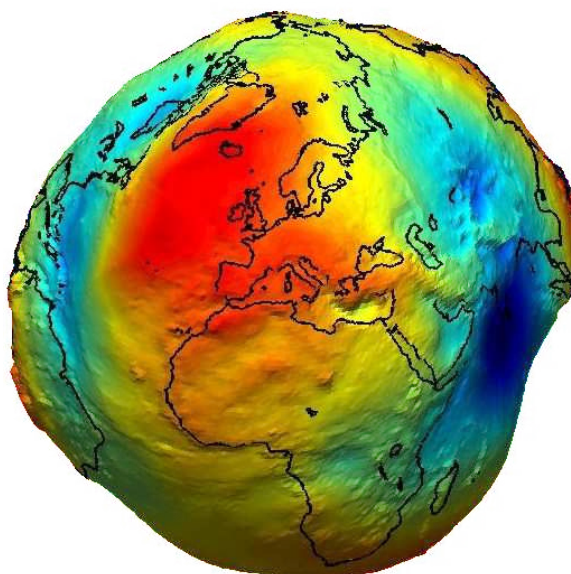


En **realidad** la Tierra es aproximadamente elipsoidal, la distribución de masas no es homogénea y está sometida a la Fuerza Gravitacional, la Fuerza Centrífuga (por su rotación alrededor de un eje). Por lo tanto:

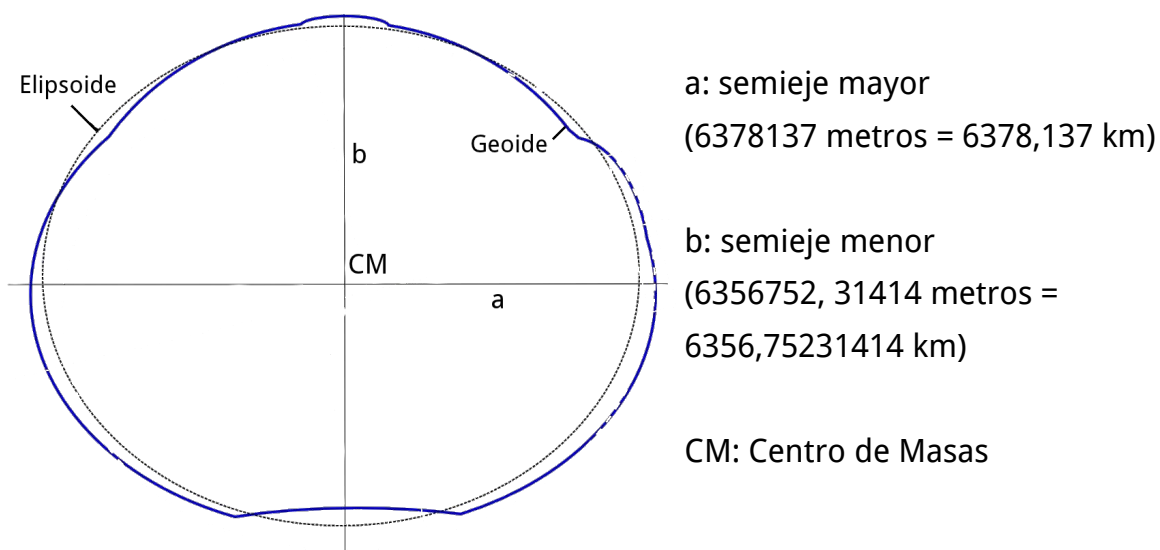
La dirección de la vertical será la dirección de la resultante de la fuerza gravitacional y de la fuerza centrífuga en cada punto.

Geoide

Se denomina Geoide a la superficie de nivel que mejor se ajusta al nivel medio del mar.

***Elipsoide de revolución***

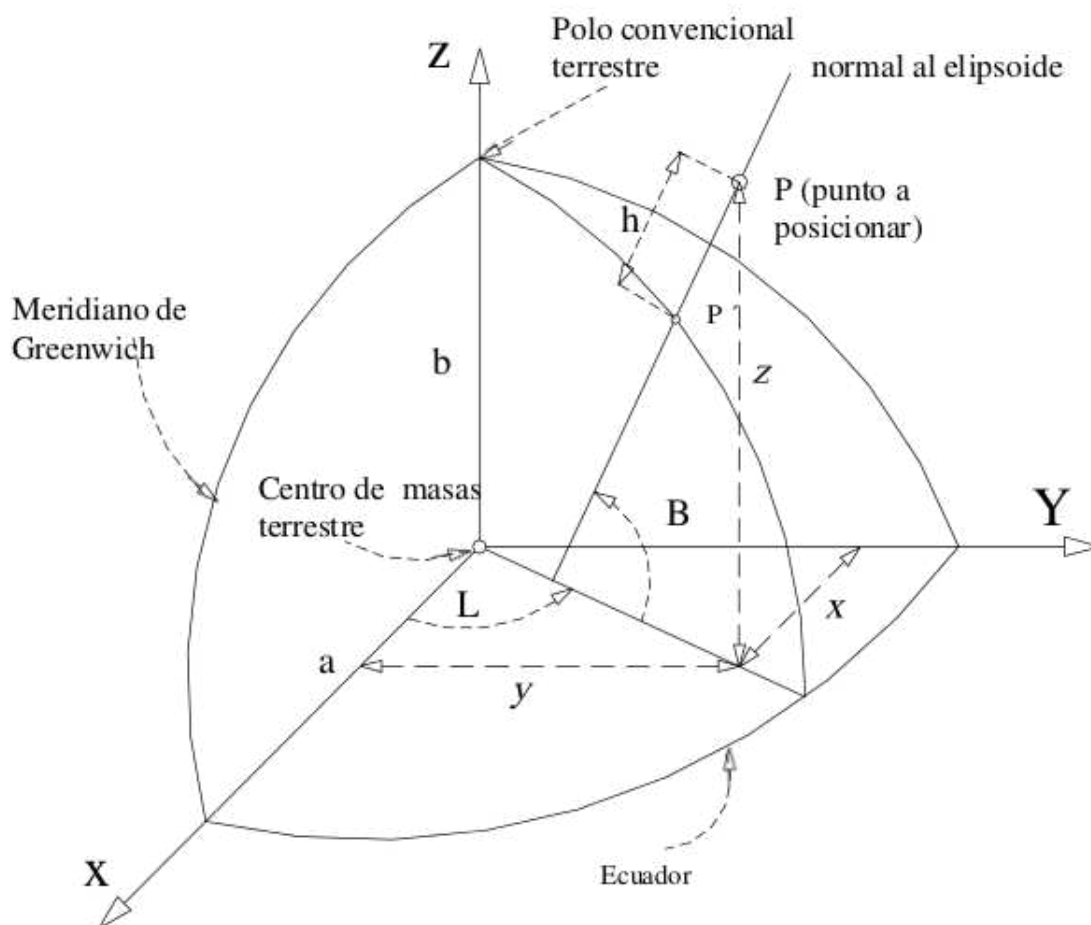
Elipsoide de revolución terrestre en superposición con el Geoide.

***Coordenadas geodésicas***

B: Latitud elipsoidal

L: Longitud elipsoidal

h: Altitud elipsoidal

Gráfico de coordenadas elipsóidicas

Punto	Marco de Referencia	B	L	h [m]
UNRO	POSGAR '07	-32°57'33".66705	-60°37'42".33075	66.872

Alturas

Altura elipsóidica: distancia entre el punto y el elipsoide, medida en la dirección de la normal al elipsoide (h).

Altura sobre el nivel del mar: distancia entre el punto y el geoide medida en la dirección de la vertical (H).

Ondulación del geoide

Es la diferencia entre la altura elipsóidica y la altura snm (sobre el nivel del mar).

$$N = h - H$$

Por ejemplo, la ondulación del geoide en el punto UNRO en POSGAR '07

$$N_{P07} = 17.62\text{m}$$

Representación en el plano

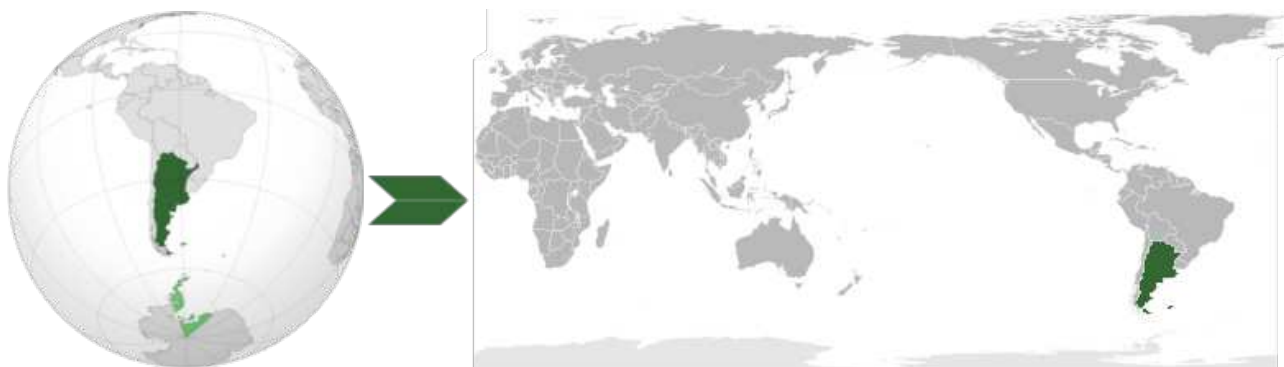


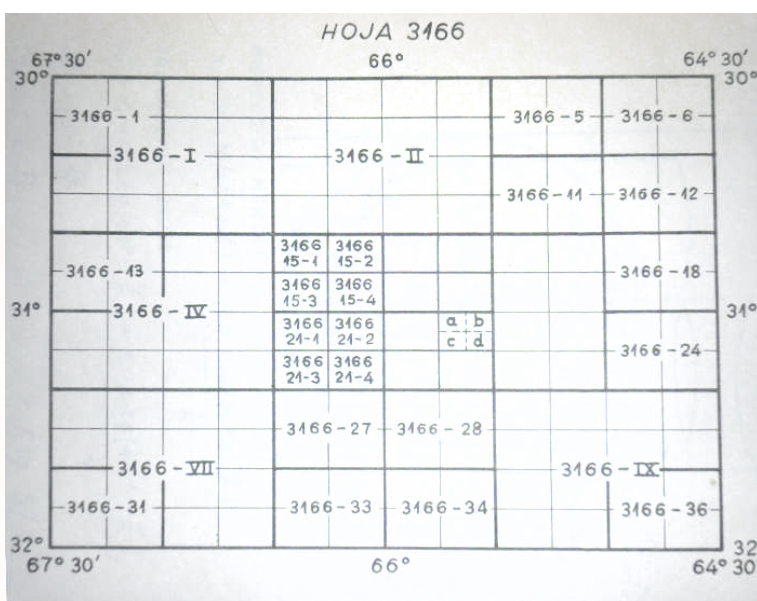
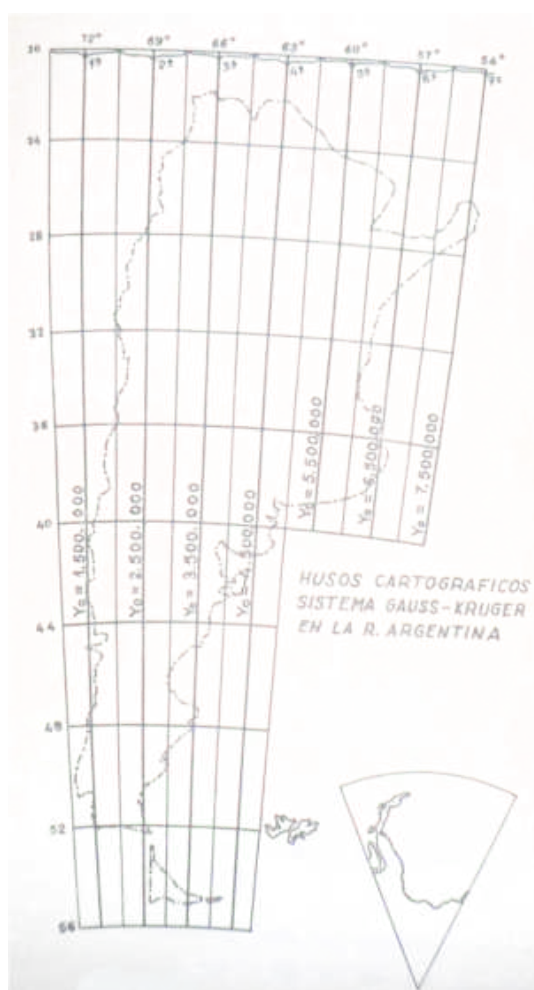
Figura sobre el elipsoide

→ **deformaciones** →

Figura sobre el plano

Representación cartográfica Gauss-Krüger

Husos cartográficos y Límites de Carta



L_{mc} (Long. del meridiano central)	Y₀ (Falso Este)	Faja
-72°	1500000 m	1
-69°	2500000 m	2
-66°	3500000 m	3
-63°	4500000 m	4
-60°	5500000 m	5
-57°	6500000 m	6
-54°	7500000 m	7

Ejemplo de coordenadas Gauss-Krüger:

Punto	Marco de Referencia	X [m]	Y [m]	L_{mc}
UNRO	POSGAR '07	6353550.31	5441244.25	-60°

Tipos de coordenadas

Por ejemplo, la coordenadas de **UNRO**, en el MR **POSGAR '07** se pueden expresar en:

	x [m]	y [m]	z [m]
Cartesianas geocéntricas	2627448.1964	-4668383.1855	-3450213.4867

mediante cálculo matemático



	Latitud B	Latitud L	h [m]
Geodésicas	-32°57'33".66705	-60°37'42".33075	66.872

mediante cálculo matemático



	X [m]	Y [m]
Planas (GK Faja 5)	6353550.31	5441244.25

Marcos de Referencia

Un marco de referencia (MR) es la materialización de un sistema de referencia (SR).

Las coordenadas de 2 puntos serán correlacionables siempre que estén expresadas en el mismo MR.

Distintos marcos de referencia

Terribles consecuencias de usar distintos Marcos de Referencia



Geodesia moderna

- Nuevas técnicas espaciales dieron origen a observaciones que posibilitaron la realización de los ***Marcos de Referencia Modernos***
- Estos Marcos de Referencia están materializados por un conjunto de puntos con ***coordenadas geocéntricas tridimensionales y son de alcance global***
- Dos marcos de referencia globales son:

WGS84 y ITRF

WGS84

- Estrechamente vinculado al GPS

- Materializado por 10 Estaciones (OCS)
- Elipsoide asociado: WGS84
- Precisión inicial ~30 cm
- Posteriores refinamientos
- A partir del año 2000 coincide con ITRF

ITRF

- <http://itrf.ensg.ign.fr/>
- Materializado por cientos de estaciones
- Distintas realizaciones
- 88/89/...../94/96/97/2000/2005
- Elipsoide asociado: GRS80
- Precisión centimétrica

Época de un MR

La alta precisión alcanzada obliga a tener en cuenta los movimientos y deformaciones de las placas tectónicas, introduciendo un nuevo concepto:

Cada estación ITRF está caracterizada por las coordenadas (x, y, z) con sus respectivas velocidades (v_x, v_y, v_z) y una época de referencias t_0 .

SIRGAS

- Sistema de referencia geocéntrico para las Américas
- SIRGAS-CON (actual)
 - Ver ilustración en Anexo C: SIRGAS-CON, página 40.
- Velocidades SIRGAS-CON
 - Ver ilustración en Velocidades SIRGAS-CON, página 41.

Marcos de Referencia en la República Argentina

CAMPO INCHAUSPE 69

- Proveniente de la "geodesia clásica" (oficial hasta 08/05/1997)
- Materializado por más de 18000 puntos
- Ajuste local: desplazamiento de ~200m
- Precisión: 3 a 10 milímetros por kilómetro (ppm)

POSGAR (Posiciones Geodésicas Argentinas)

- Anteriores
 - POSGAR 94 (oficial desde 08/05/1997 hasta 15/05/2009)
 - POSGAR 98 (nunca fue oficial)
- Actual: **POSGAR 2007** (oficial desde 15/05/2009)
- Remedición y densificación de POSGAR 94
- Materializado por 436 puntos
- Precisión: 1 milímetro por kilómetro (ppm)

Red de Estaciones Permanentes GNSS

Estaciones Permanentes: Receptores GNSS de doble frecuencia funcionando en forma permanente con sistema de almacenamiento de las observaciones, accesibles a través de Internet.

Servidor capaz de concentrar las observaciones de todas las EPGNSS en operación en nuestro país.

RAMSAC

Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo

- Ver ilustración en Anexo B: RAMSAC, página 39.

Estación Permanente UNRO

Ilustración 6: Antena



Ilustración 7: Receptor GPS

- POSGAR 2007 -

Coordenadas geodésicas

Latitud B: -32° 57' 33".67055

Longitud L: -60° 37' 42".33075

Altura elipsóidica h: 66.872 m

Coordenadas cartesianas

x: 2627448.1964 m V_x : 0.0057 m/a

y: -4668383.1855 m V_y : -0.0074 m/a

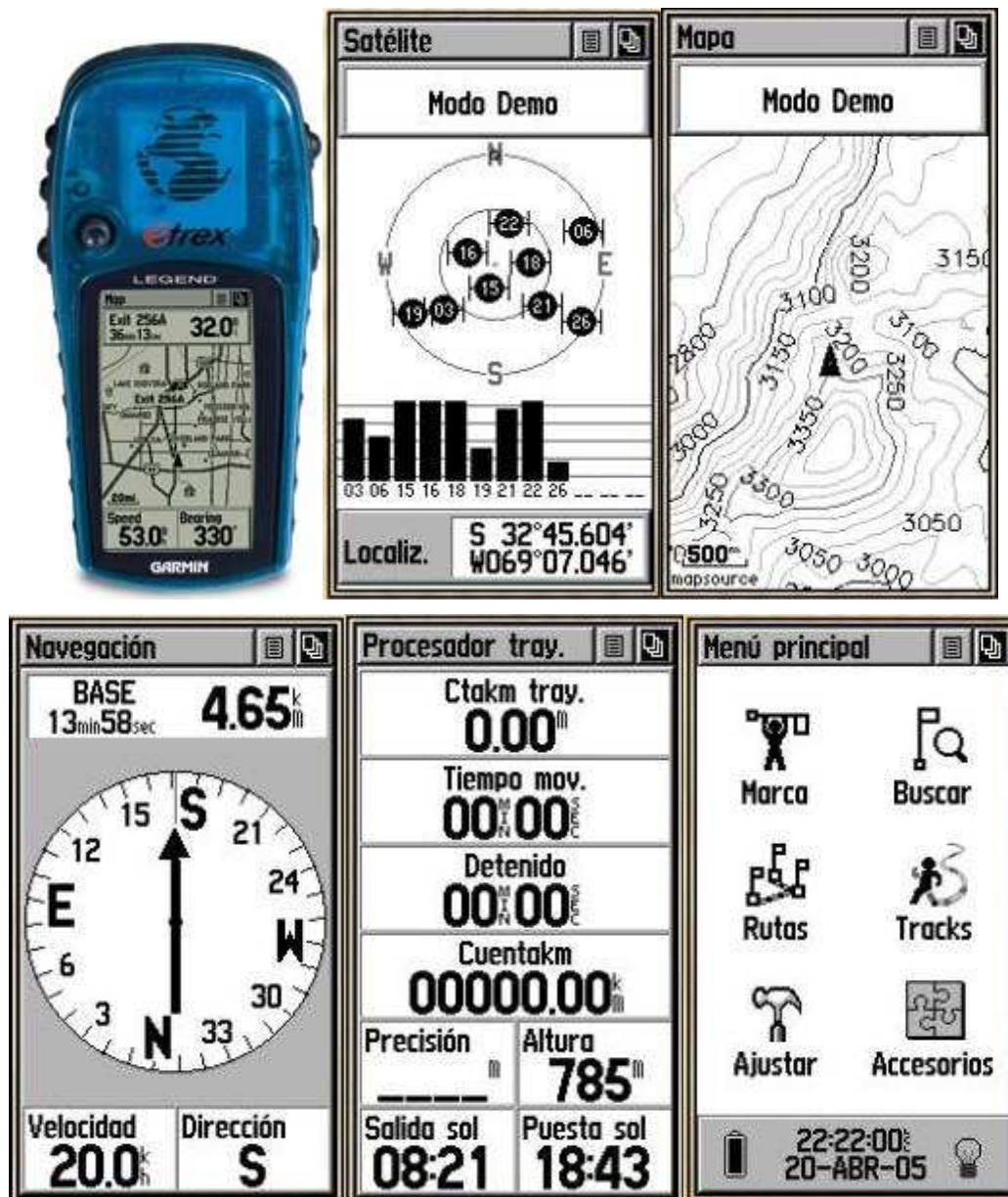
z: -3450213.4867 m V_z : 0.0085 m/a

Aplicaciones prácticas

Uso de navegador GPS

Se utiliza como ejemplo el modelo que está en el gráfico.

- Principales pantallas



Configuración de coordenadas

- Menú principal > ajustar > coordenadas

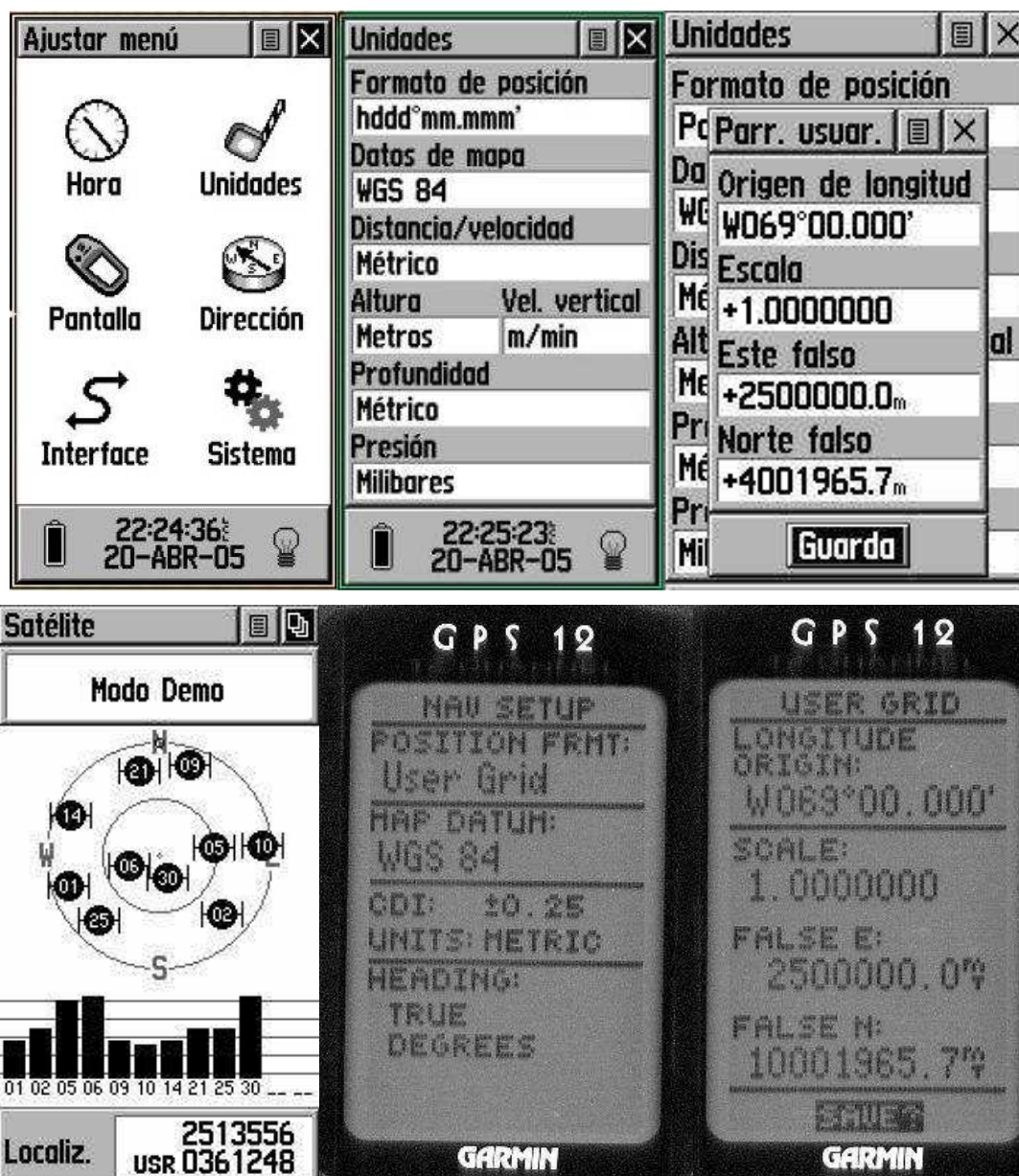
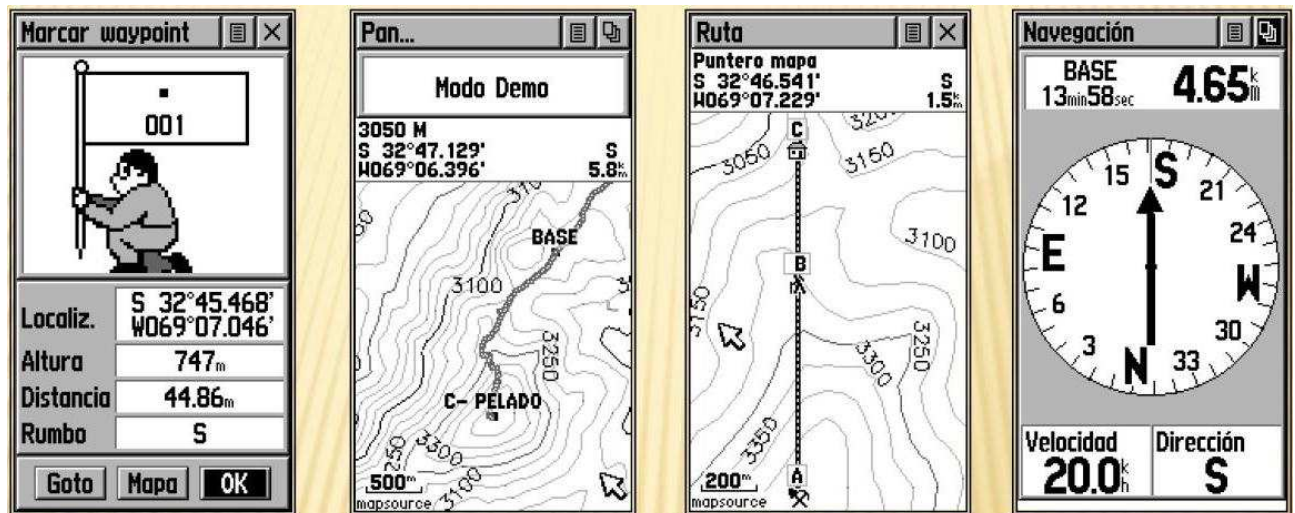


Tabla de configuración en el caso de utilizar coordenadas Gauss-Krügger

GK ARGENTINA			WGS'84	CAI'69
FAJA	Longitud de origen	Escala	Falso ESTE	Falso NORTE
1	W 072	1	1500000	10001965.7
2	W 069	1	2500000	10001965.7
3	W 066	1	3500000	10001965.7
4	W 063	1	4500000	10001965.7
5	W 060	1	5500000	10001965.7
6	W 057	1	6500000	10001965.7
7	W 054	1	7500000	10001965.7

- Waypoint, Track, Ruta, Go To...



- Navegación ruta, go to...calles!



Práctica con navegador

Divididos en dos grupos, un receptor cada grupo.

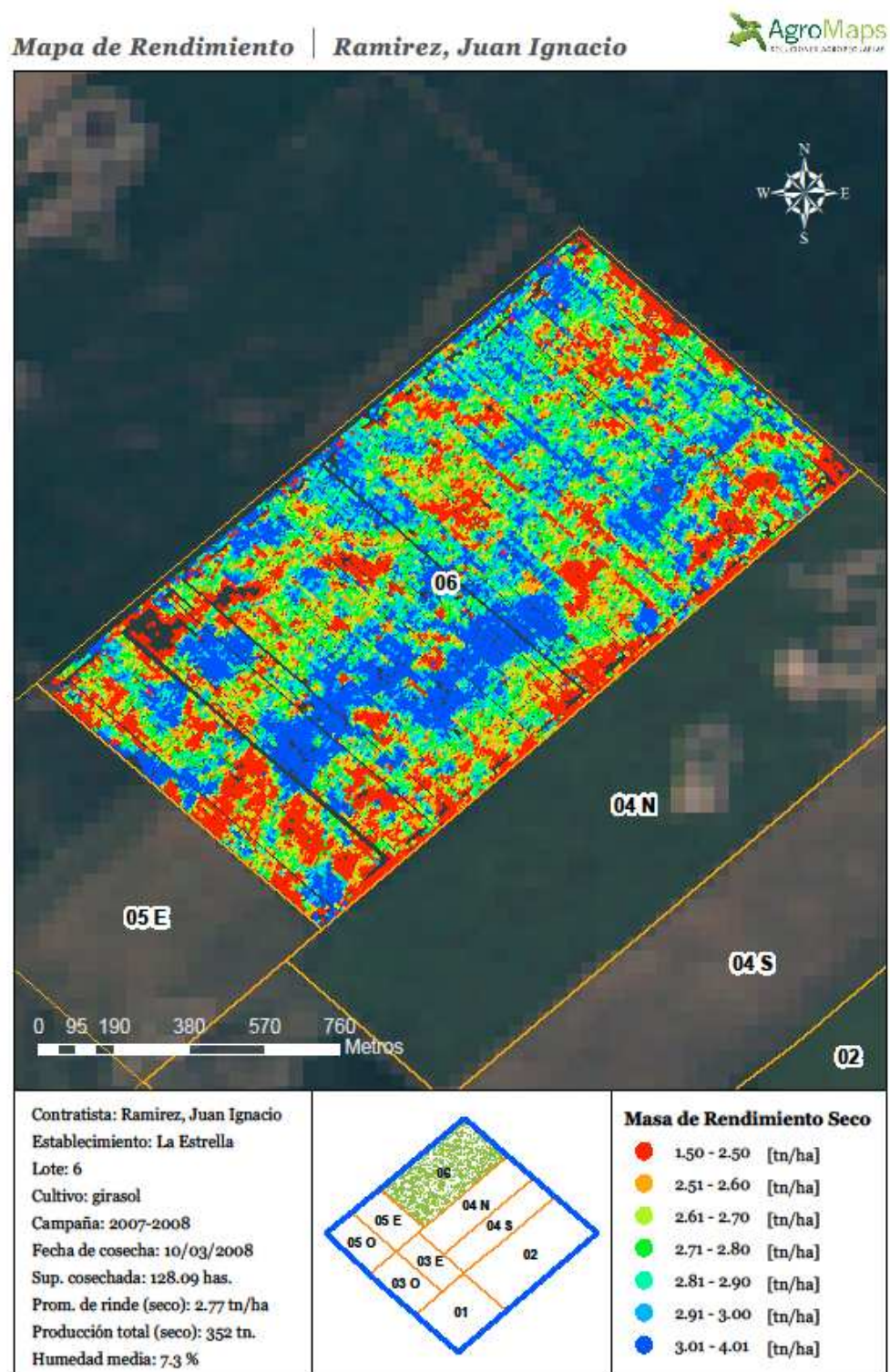
1. Determinar coordenadas de una esquina y almacenarlas como waypoint (buscando lugar con la menor cantidad de obstrucciones hacia “arriba”, lejos de las construcciones) . Pueden repetirlo varios integrantes del grupo, almacenando con distinto nombre.
2. En el navegador encontrarán almacenado otro punto denominado MONU, correspondiente al Monumento a la Bandera. Desde la esquina donde están parados buscar la función “IR A” y elegir MONU. Obtener distancia y orientación, trasladarse unos metros y visualizar la variación.
3. En el salón ingresar “por teclado” las coordenadas de los puntos P001 y P002 de la carta VERA.

POSGAR '07	Latitud	Longitud	Norte	Este
P001	29° 34' 47.95"S	60° 22' 49.18"W	6728350 m	5463150 m
P002	29° 27' 31.00"S	60° 11' 00.58"W	6741850 m	5482200 m

Calcular distancia y orientación entre ambos y comparar con los valores obtenidos de la carta.

Anexo A: Agricultura de precisión

Mapa de rendimiento de una parcela agrícola



Anexo B: RAMSAC

República Argentina - parte continental americana

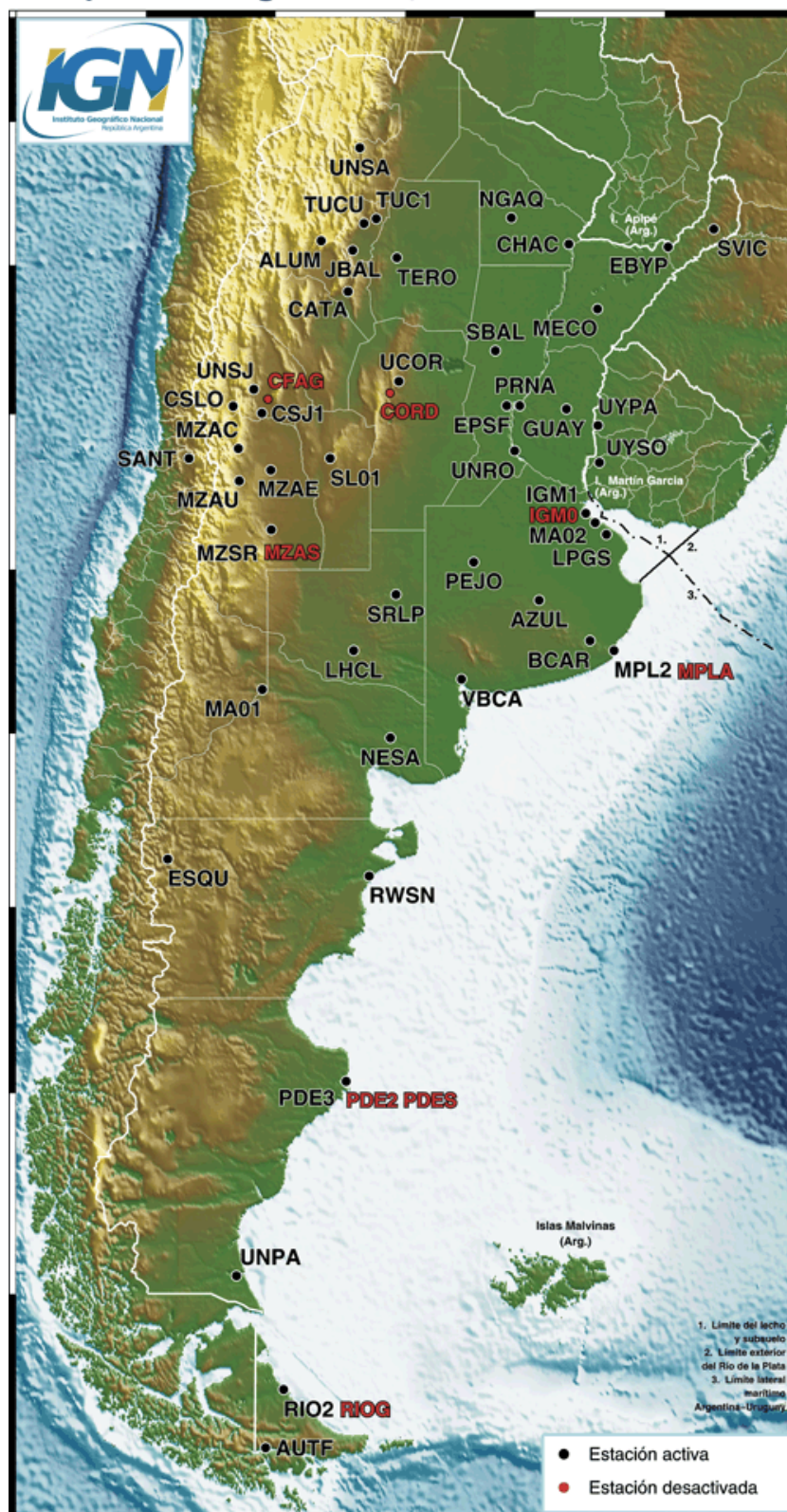
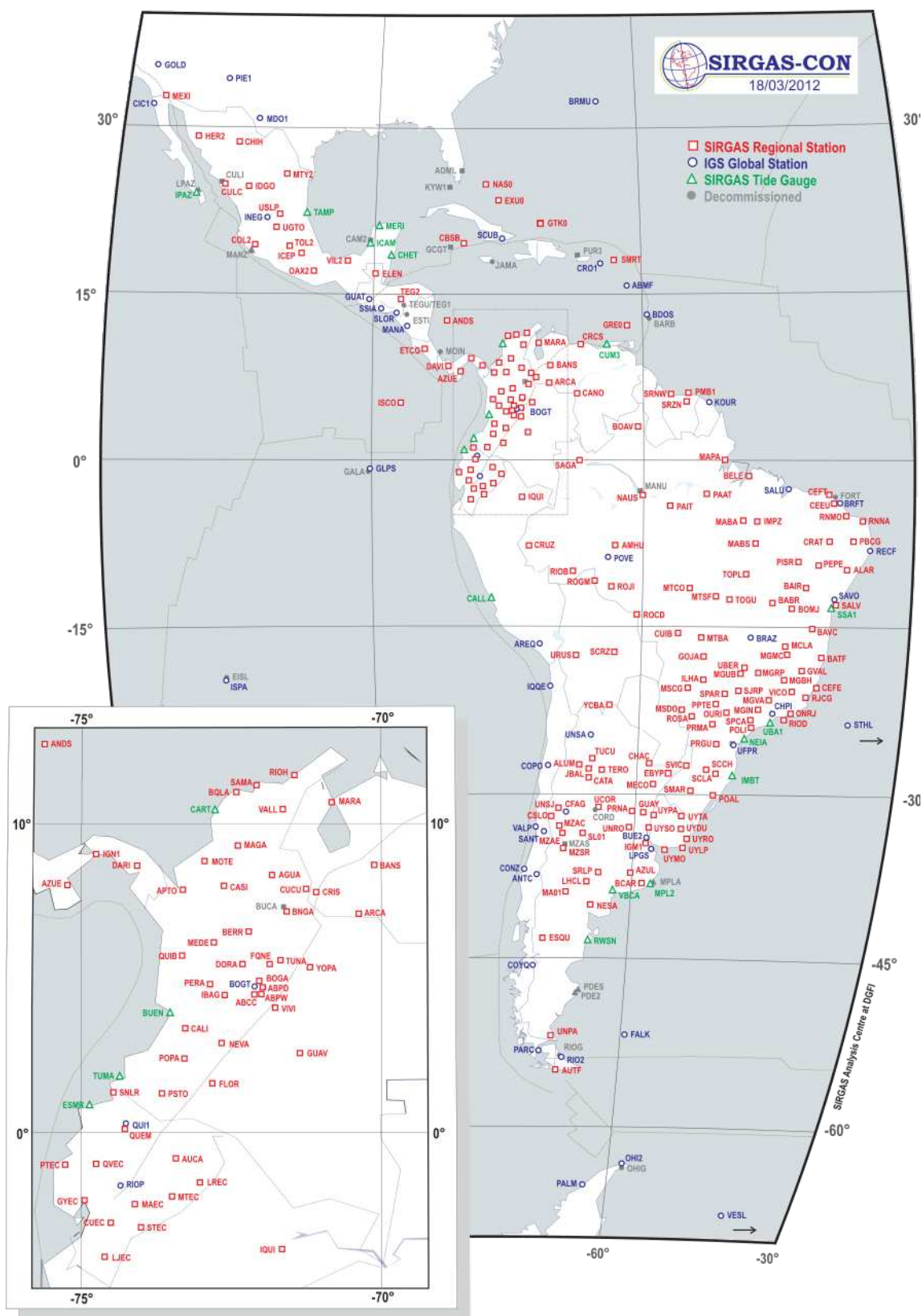


Ilustración disponible en el sitio del IGN: <http://ign.gob.ar/AreaProfesional/Ramsac/>

Anexo C: SIRGAS-CON



Ilustraciones disponibles en el sitio de SIRGAS: <http://www.sirgas.org/>

Velocidades SIRGAS-CON