



**Grupo de Geodesia Satelital 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***

16, 17, 30 y 31 de mayo, 13 y 14 de junio de 2014

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 – Grupo de Geodesia Satelital Rosario

Secretarías de Nivel Medio y Técnico - Amsafe Rosario

#### ***Docentes***

Aldo Mangiaterra

Gustavo Noguera

#### ***Consultas***

Curso Geografía y Georreferenciación <[cursogyg@gmail.com](mailto:cursogyg@gmail.com)>

Aldo Mangiaterra <[aldom@fceia.unr.edu.ar](mailto:aldom@fceia.unr.edu.ar)>

Gustavo Noguera <[noguera@fceia.unr.edu.ar](mailto:noguera@fceia.unr.edu.ar)>

#### ***Práctica***

Durante el curso los participantes dispondrán de dos navegadores que pueden llevarse a domicilio para efectuar prácticas personales o de grupo.

## Índice de contenido

<b>Objetivos</b> .....	<b>1</b>
Núcleos temáticos .....	1
<b>Georreferenciación</b> .....	<b>2</b>
Geografía y georreferenciación .....	2
Salto tecnológico que deviene en cambio cultural .....	3
Aplicaciones .....	4
Cartografía .....	6
Resignificación de la cartografía .....	6
Propuesta de trabajo final (optativo).....	7
<b>Sistema de Posicionamiento Global GPS</b> .....	<b>8</b>
Historia.....	8
Sistema GPS .....	8
Constelación de satélites.....	9
Estaciones de control .....	9
Usuarios .....	10
Obtención de coordenadas.....	10
Errores .....	12
Métodos de obtención de coordenadas.....	15
Estación Permanente GPS (o bien GNSS) .....	20
<b>Coordenadas y Marcos de referencia</b> .....	<b>23</b>
El espacio territorial y las coordenadas .....	23
¿Qué son las coordenadas espaciales? .....	23
Superficies de referencia .....	25
Alturas.....	29
Representación en el plano .....	30
Representación cartográfica Gauss-Krüger .....	30
Marcos de Referencia.....	32
Marcos de Referencia en la República Argentina .....	33
Red de Estaciones Permanentes GNSS .....	34
<b>Práctica</b> .....	<b>36</b>
<b>Anexo A: Agricultura de precisión</b> .....	<b>37</b>
<b>Anexo B: RAMSAC</b> .....	<b>38</b>
<b>Anexo C: SIRGAS-CON</b> .....	<b>39</b>
<b>Anexo D: Velocidades SIRGAS-CON</b> .....	<b>40</b>

## **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 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. Significado de la expresión "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
- constituye un 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: un punto con otro u otros
- permite relacionar las informaciones atinentes a un mismo punto pero provenientes de distintas épocas o de 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
- podemos decir que hoy ES POSIBLE CAMINAR COMO SI SE CAMINARA SOBRE UN MAPA

Apelamos a un interesante relato que **Jorge Luis Borges**, en uno de sus juegos literarios, atribuye a un ignoto autor antiguo.

***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 satisficieron, 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...*



*Ilustración 1: Ejemplo de domicilio en lenguaje universal*

***Afirmamos que el posicionamiento satelital constituye un salto tecnológico que deviene en cambio cultural***

- Un claro ejemplo es su uso en celulares, automóviles o en el Google Earth/Maps

¿QUIEN EXPLICA SUS FUNDAMENTOS? ¿O DEJAMOS EL CONOCIMIENTO REDUCIDO A LA "MAGIA" DE LA TECNOLOGÍA?

¿DEBE SER UNA PROPUESTA DEL DOCENTE O ES UNA DEMANDA DE LA REALIDAD?

## ***Veamos algunas de sus aplicaciones***

### ***Científicas***

- Medición del desplazamiento de la corteza terrestre
- Monitoreo de corrientes marinas
- Velocidad de aguas fluviales
- Límites de cuencas hidrográficas
- Estudio de desplazamiento y evolución de la fauna

### ***Catastrales***

- La ley Nacional de Catastro exige las coordenadas de los vértices de los inmuebles
- Límites administrativos
- Áreas de reservas
- Información georreferenciada obtenida en los censos
- Zonas periurbanas de restricción de herbicidas

### ***Movimiento de personas y cosas***

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

### ***Construcción de Obras de Ingeniería. Ejemplo: conexión física Rosario - Victoria***

- Conexión física: Rosario – Victoria
- Coordenadas de las cabeceras de la obra
- Construcción simultánea de puentes

### ***Asuntos legales***

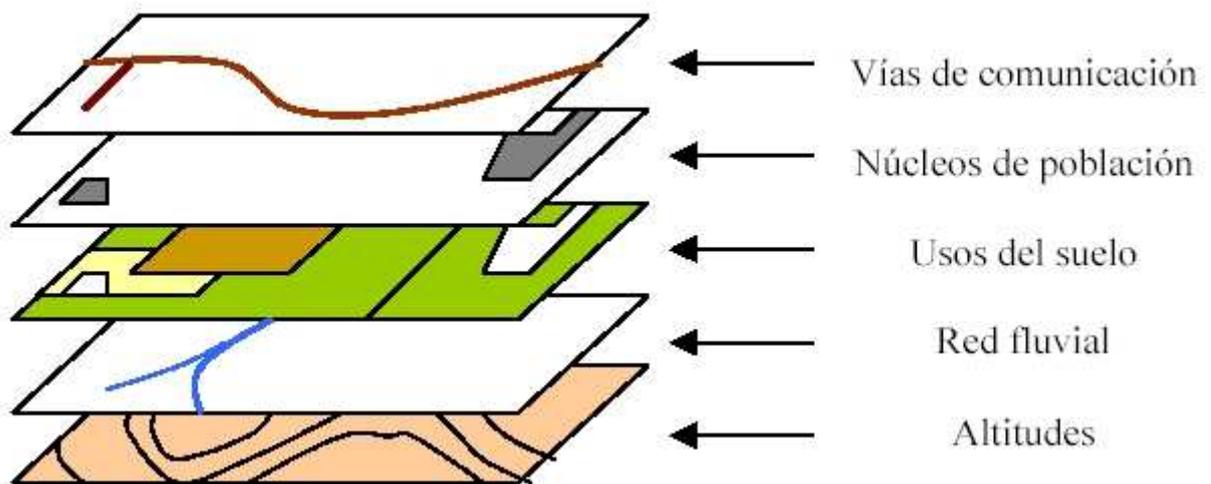
- Persecución del contrabando y narcotráfico
- Límites de las propiedades
- Contratación y pago de seguro

### ***Agricultura de precisión***

- Conocimiento de la Topografía
- Elaboración de mapas de suelos
- Mapas de rendimiento
- Guiado y autoguiado de maquinaria
- Dosificación de herbicidas y fertilizantes
- Programación de siembra
- Ver ilustración en Anexo A

### ***Sistemas de Información Geográfica (SIG)***

- Los SIG integran información gráfica y alfanumérica correlacionada por su georreferenciación
- A título ilustrativo las podemos considerar "capas" superpuestas como indica la figura, en la cual mencionamos algunas posibles capas



## **Cartografía**

- Historia de la Cartografía  
Podemos ver una larga trayectoria, desde su producción como necesidad de la conquista o el comercio hasta la moderna cartografía digital.
- Cartografía argentina
  - Nuestro país tiene una rica historia y a la vez un gran déficit en la producción de cartografía
  - Ley de la Carta (Nº 22.963 del año 1941 reformada en 1983)
    - <http://www.ign.gov.ar/AreaInstitucional/LeyDeLaCarta>
  - Condicionantes del carácter cuasi secreto que tuvo durante mucho tiempo la cartografía argentina  
“... 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
- La base tecnológica de ese cambio 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](mailto:aldom@fceia.unr.edu.ar)
  - Gustavo Noguera: [noguera@fceia.unr.edu.ar](mailto: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.

NOTA: cuando activamos un navegador GPS lo que obtenemos son las coordenadas del punto del espacio en que está ubicado el receptor y la hora de esa determinación, más allá de que las mismas aparezcan o no en la pantalla.

Dependiendo del aparato utilizado pueden obtenerse otras informaciones como pueden ser la velocidad (si nos estamos moviendo), la ubicación del Norte o, por mencionar alguna, el restaurante más próximo; pero esas otras informaciones nada tienen que ver con el sistemas GPS; son producto de información previamente cargada en el equipo o del cálculo que el mismo efectúa mediante software destinado a tal fin.

Para el funcionamiento del sistema GPS (o sus similares), es necesario apelar a conocimientos propios de la electrónica, la informática, la matemática u otras ciencias, lo que obviamente no es abordado en este curso.

Podríamos decir que así como aceptamos que al prender la radio receptamos señales que de alguna manera se convierten en sonido, o al encender el televisor receptamos otras que se convierten en imagen y sonido, cuando encendemos el receptor GPS, de alguna manera, las señales recibidas permiten obtener coordenadas y tiempo.

De todos modos intentaremos abordar, de un modo conceptual, los fundamentos y el funcionamiento del sistema GPS.

### ***Historia***

- El primer satélite artificial fue el Sputnik I, lanzado por la entonces Unión Soviética en octubre de 1957
- Posteriormente surgió el sistema Transit, de origen norteamericano, destinado a obtener coordenadas de puntos terrestres
- EEUU crea GPS, Sistema de Posicionamiento Global, cuyo primer satélite fue puesto en órbita en febrero de 1978 y se completó en diciembre de 1993. En la actualidad continúa con mejoras
- GPS fue 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

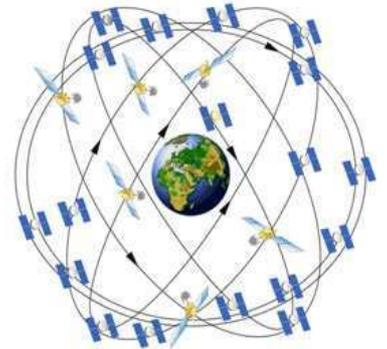
### ***Describiremos sintéticamente el Sistema GPS, que tiene tres componentes***

- Satélites

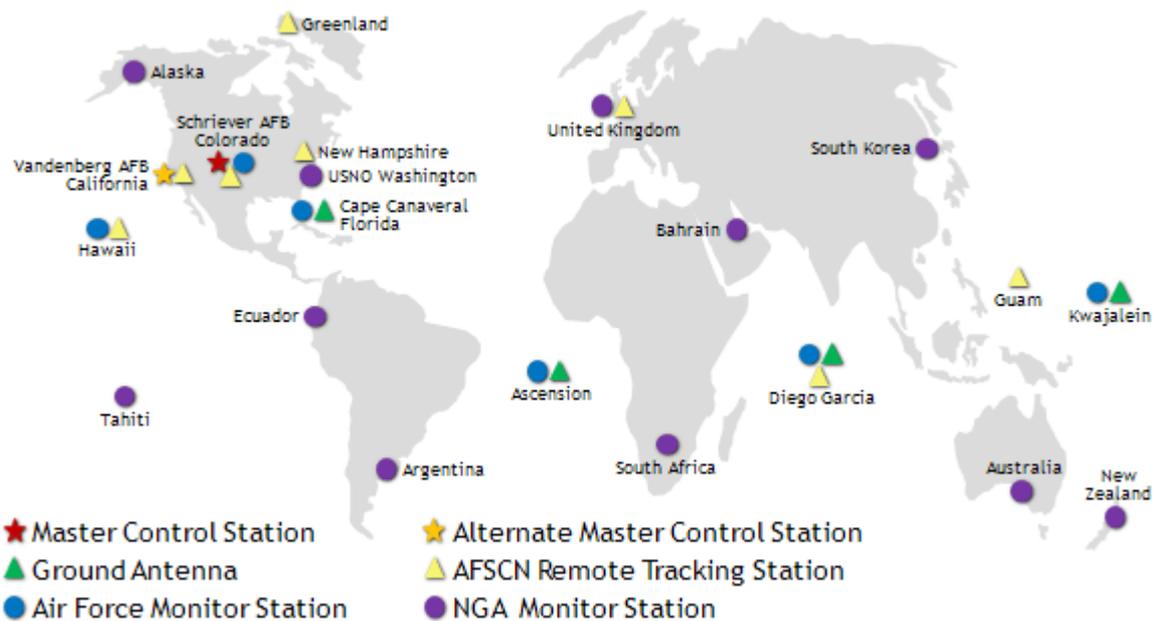
- Estaciones de control
- Usuarios

### Constelación de satélites

- La composición original es de 24 satélites
- Actualmente hay 32 pero puede variar la cantidad
- Cada satélite se indentifica mediante un código específico llamado PRN y está dotado de reloj atómico
- Los satélites giran en 6 planos orbitales
- La altura aproximada es de 20200 km y tardan aproximadamente 12 hs en recorrer su órbita
- 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 las funciones de las Estaciones de control son:*

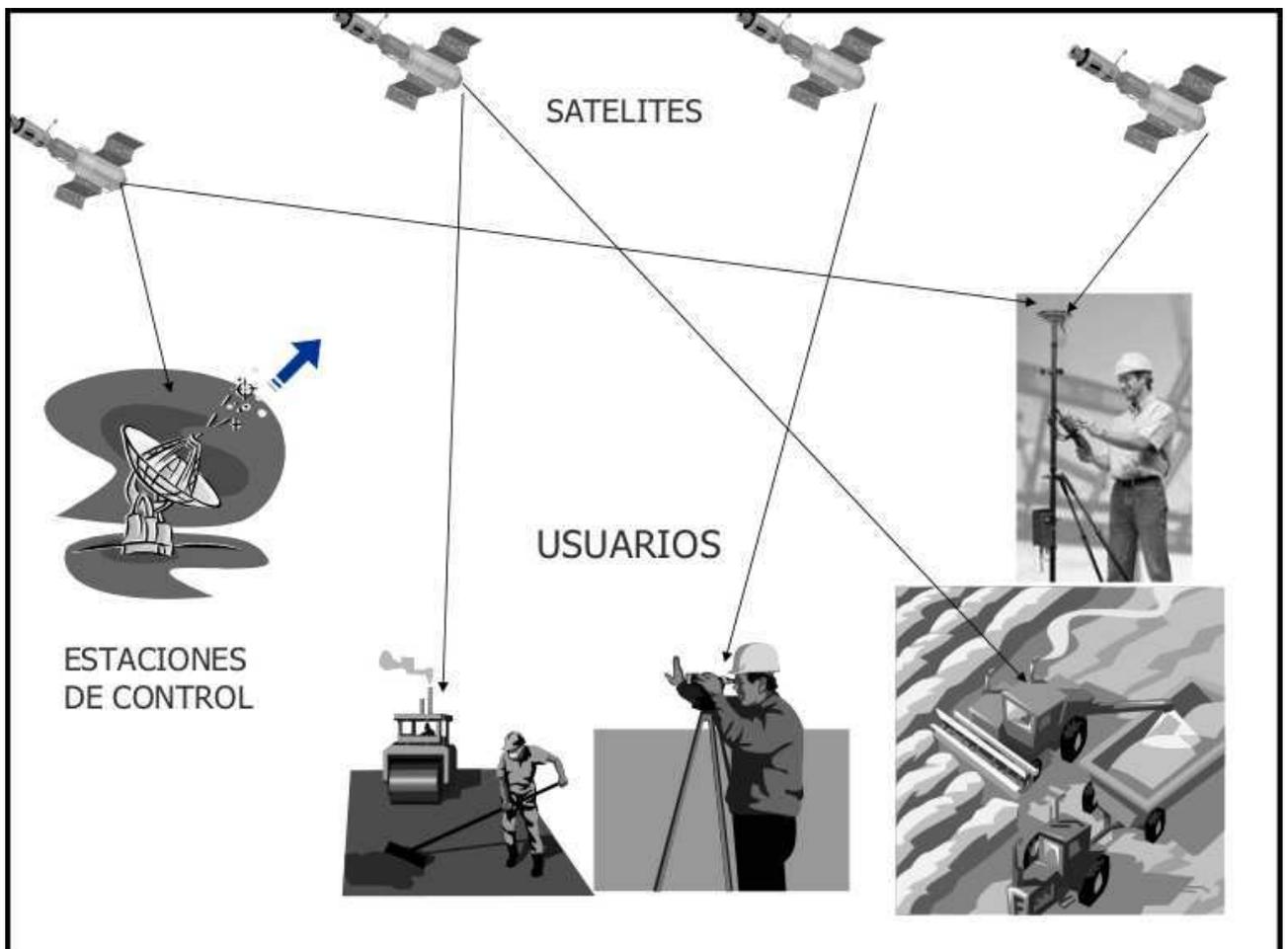
- Monitoreo permanente de los satélites
- Determinación de órbitas, sincronización relojes
- Transmisión a los satélites de la información procesada

## Usuarios

Son todos quienes, de un modo u otro, utilizan el sistema.

Para ello, los receptores GPS están equipados mínimamente con:

- Antena
- Procesador de señal
- Reloj de cuarzo
- Memoria para almacenamiento
- Su función básica es obtener coordenadas



### ***Obtención de coordenadas***

Se acude a lo que en matemática se llama intersección espacial inversa: para determinar la posición de un punto en el espacio se miden las distancias a tres puntos de coordenadas conocidas.

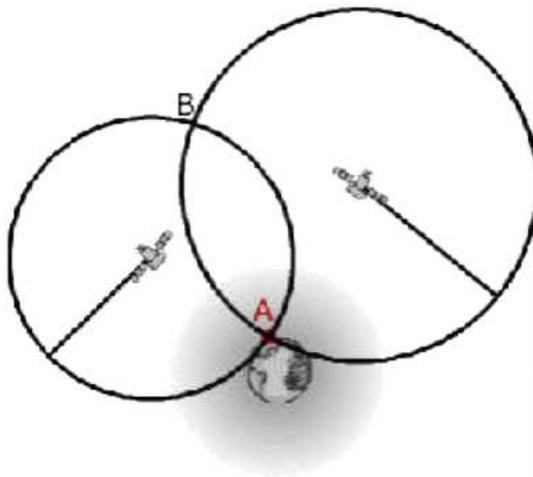


Ilustración 2: En el plano

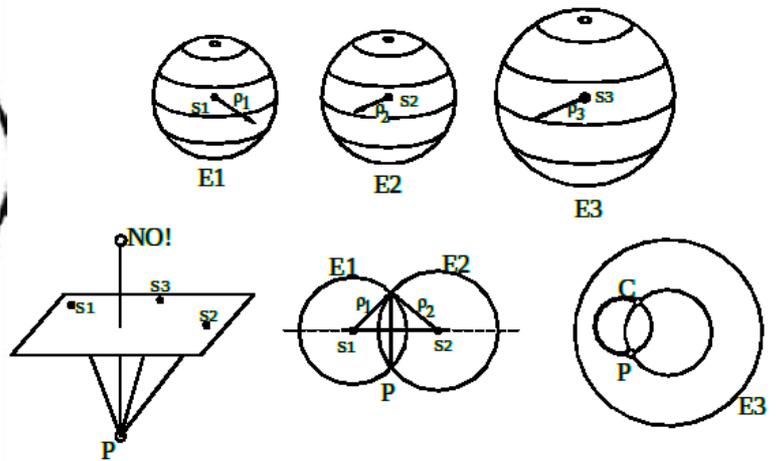
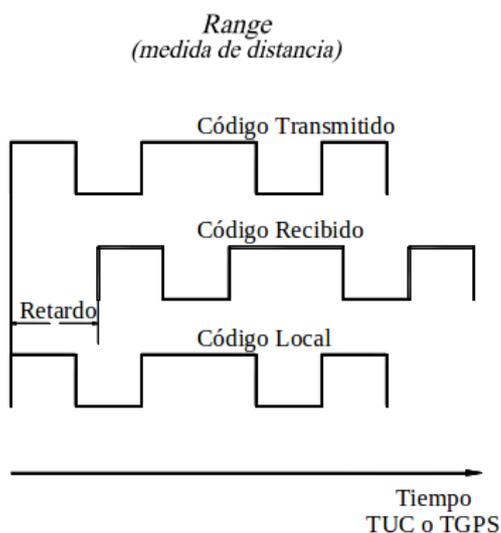


Ilustración 3: En el espacio

**Se obtiene la DISTANCIA entre el receptor y el satélite midiendo el TIEMPO que tarda la señal en recorrer el espacio que los separa**

- Tiempo que tarda la señal en llegar desde el satélite al receptor: 0.067s aprox. (es decir, 67 milésimas de segundo)
- Una milésima de segundo de más o de menos significa ¡ 300 km de error !
- Apreciación posible con un buen reloj de cuarzo (el que poseen los receptores): 0,00000001 segundos (una centésima de microsegundo), equivalente a una incertidumbre de 3 metros
- Precisión del reloj atómico en los satélites:  
1 billonésimo de segundo o menor aún



Retardo=Range (distancia)

Incógnitas: X Y Z Coord. de la antena

Si bien no es el objetivo central de este curso indicamos a continuación alguna información muy somera sobre la técnica de medición de la distancia satélite-receptor. Las consideraciones siguientes son de particular importancia cuando lo que se pretende es obtener coordenadas con mejor precisión que las que brinda un navegador común

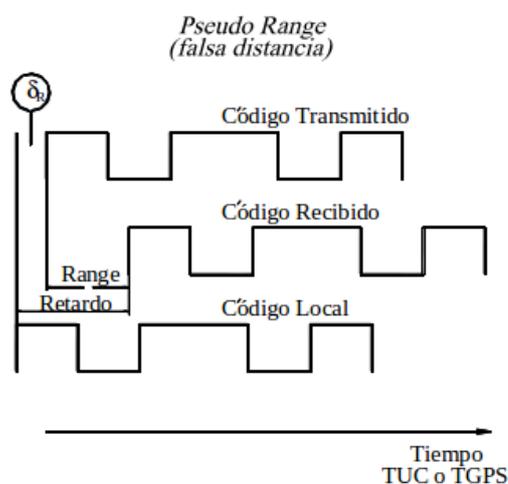
**Se obtiene el TIEMPO midiendo el retardo en la recepción de la señal**  
**Medición de distancia usando el código de libre adquisición C/A.**

Todos los receptores tienen incorporado en su memoria los códigos característicos de todos los satélites

Eso permite:

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

### PERO SE MIDEN PSEUDO-DISTANCIAS



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

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

porque la sincronización de los relojes (el del satélite y el del receptor), no puede ser perfecta, tenemos otra incógnita, llamada  $\delta_R$ , que es el error de reloj del receptor que, como dijimos, es de inferior calidad que el del satélite

### INCÓGNITAS

Por tanto hay 4 incógnitas (las coordenadas de los satélites son conocidas porque los mismos satélites se las transmiten a los receptores):

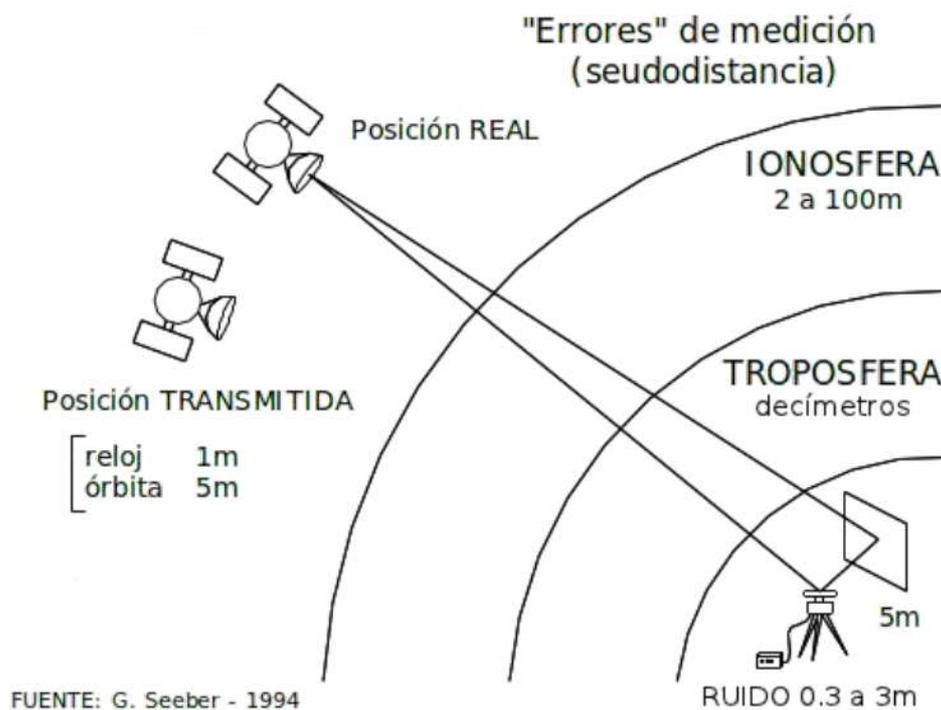
- 3 de posición del receptor ( $X_P, Y_P, Z_P$ )
- 1 de reloj del receptor  $\delta_R$

Se obtiene el resultado deseado observando las distancias a 4 satélites, lo que permite obtener un sistema de cuatro ecuaciones con cuatro incógnitas, cuya resolución 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 GGRS: <http://www.fceia.unr.edu.ar/gps> en la sección *Publicaciones*.

### Errores

Magnitud de los errores que se pueden producir al medir las distancias y calcular las coordenadas (no se trata de valores fijos sino del rango que pueden asumir esos errores) y la afectación que producen en las coordenadas no necesariamente es su suma, hasta incluso pueden compensarse parcialmente.



### ***Posibles causas de los llamados Errores sistemáticos***

- Errores en las coordenadas de los satélites e incluso en sus relojes
- Influencia de la atmósfera
- Ondas reflejadas en superficies próximas al receptor

Existen diversas maneras de reducir la influencia de estos errores, las que varían de acuerdo a los aparatos y los métodos operativos que se pueden aplicar.

### ***Errores llamados accidentales***

- Correlación de códigos, es decir imprecisión en lo que antes llamamos medición del "retardo" o lo que en la ilustración se denomina "ruido"

Para disminuir su influencia se apela a la "sobreabundancia" de observaciones y a la búsqueda del "valor más probable", mediante el cálculo matemático de ajustes.

### ***Precisión***

La precisión con que se obtienen las coordenadas del punto donde está ubicado el receptor depende de:

- La calidad de la medición
- La sobreabundancia de datos
- La configuración geométrica del sistema, es decir la forma en que se distribuyen en el cielo los satélites de los cuales se recibe señal. Por ejemplo si el receptor

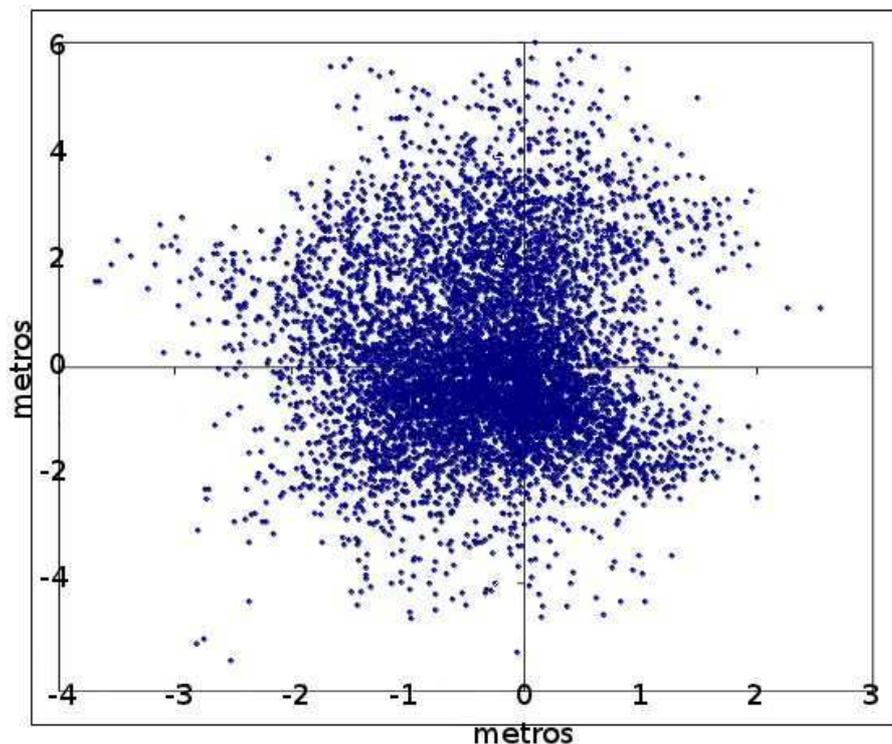
está encerrado entre tres paredes y recibe señales sólo de satélites agrupados en ese costado libre se verá afectada la precisión del resultado

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 un caso típico de la dispersión horizontal (Latitud y Longitud en metros) respecto de coordenadas consideradas como "verdaderas" o "exactas".



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 método ESTÁTICO**

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

### **Ejemplo de método 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

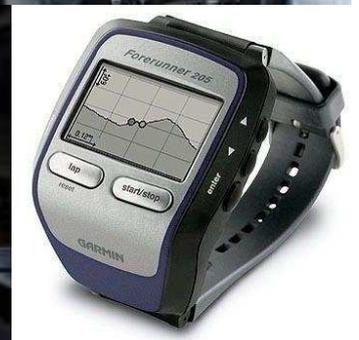


## Geografía y Georreferenciación

- para auto



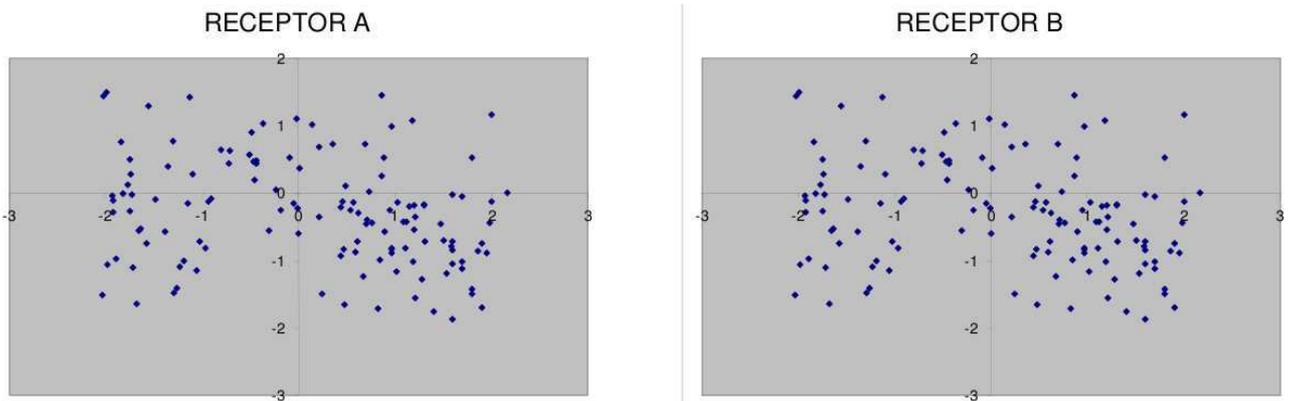
- diseños específicos: transporte, navegación aérea, embarcaciones, práctica deportiva...



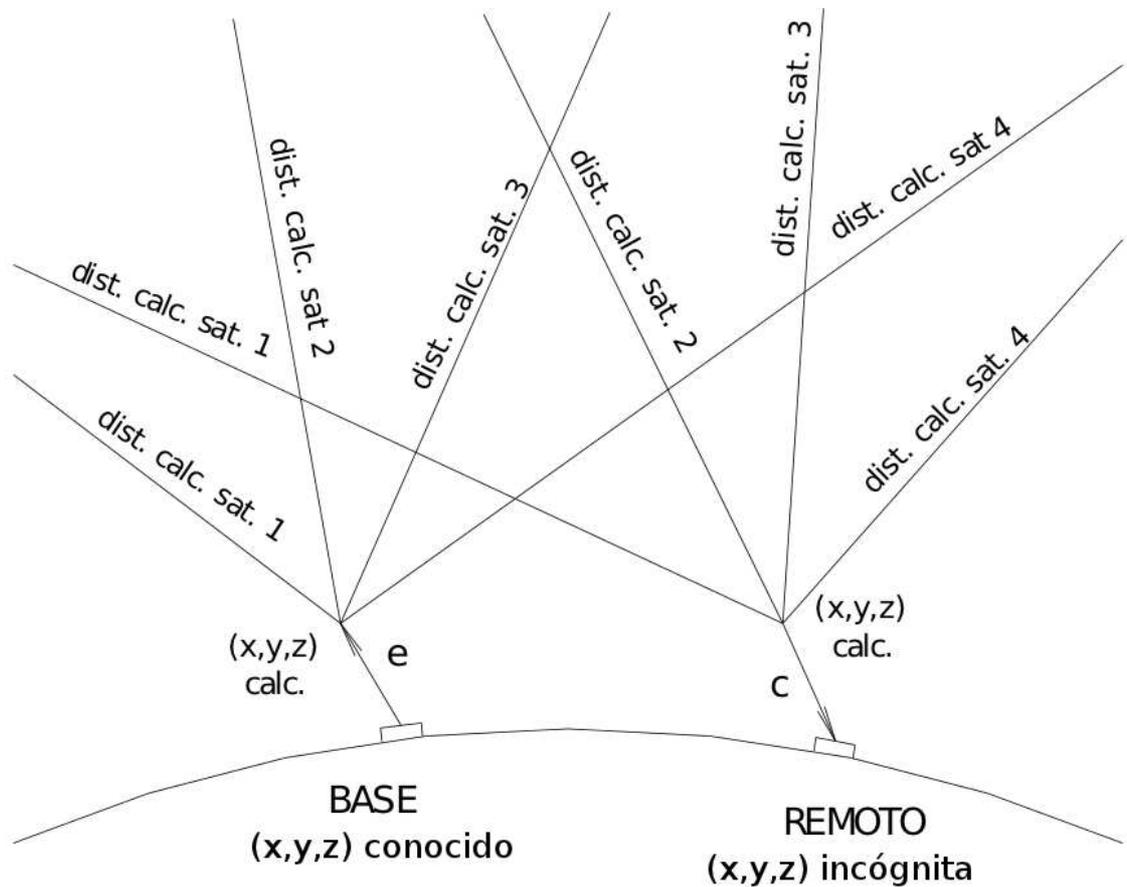
### ***Posicionamiento relativo***

Es el que se utiliza cuando se quieren obtener mejores precisiones que la de varios metros y requiere el uso de al menos dos receptores (si bien este tema no sería estrictamente indispensable en el curso entendemos que es conveniente una visión informativa del mismo)

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).



- 2 receptores
- Importante: se consideran sólo los satélites comunes
- Uno de los receptores, fijo: ESTACION BASE
- El otro: RECEPTOR REMOTO

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. Es decir estacionar un receptor sobre un punto de coordenadas previamente conocidas llamado base, calcular el error de las coordenadas obtenidas y utilizar esa información para corregir las coordenadas obtenidas en el otro receptor llamado remoto, el que está estacionado sobre un punto de coordenadas desconocidas

### **Estación base**

Receptor estacionado sobre punto de coordenadas conocidas.

### **Receptor remoto**

#### **Estático**

- Receptor estacionado sobre punto a relevar
- Se aplica corrección diferencial
- Solución 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 posibilidad de almacenar las observaciones y corregir en post-proceso y algunos también en tiempo real.

### Posicionamiento relativo con fase

Cuando se quieren obtener coordenadas más precisas, no ya para cartografía, sino para otros fines, como pueden ser la construcción de obras, las redes geodésicas u otros, se utiliza el POSICIONAMIENTO RELATIVO CON FASE, para el cual se requieren receptores distintos a los mencionados, más sofisticados y de mayor costo, aptos para obtener la o las ondas portadoras de la señal emitida por los satélites, por lo que se los diferencia entre los de simple y doble frecuencia.

Al respecto sólo diremos lo siguiente:

- 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)

- 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? La precisión con que se conocen las coordenadas de la base debe ser una información previa porque nunca se pueden obtener resultados con mejor precisión que aquella de la cual se parte

Si las coordenadas de la base están referidas al Marco de Referencia Nacional (más adelante veremos mejor esto), todas las coordenadas obtenidas estarán referidas a ese mismo marco.

### **Estación Permanente GPS (o bien GNSS)**

Cuando decimos GNSS nos referimos al llamado Sistema Global de Navegación Satelital, diferenciación necesaria porque intervienen los satélites y la información de otros sistemas similares al GPS (hasta ahora se trata sobre todo del GLONASS ruso)

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

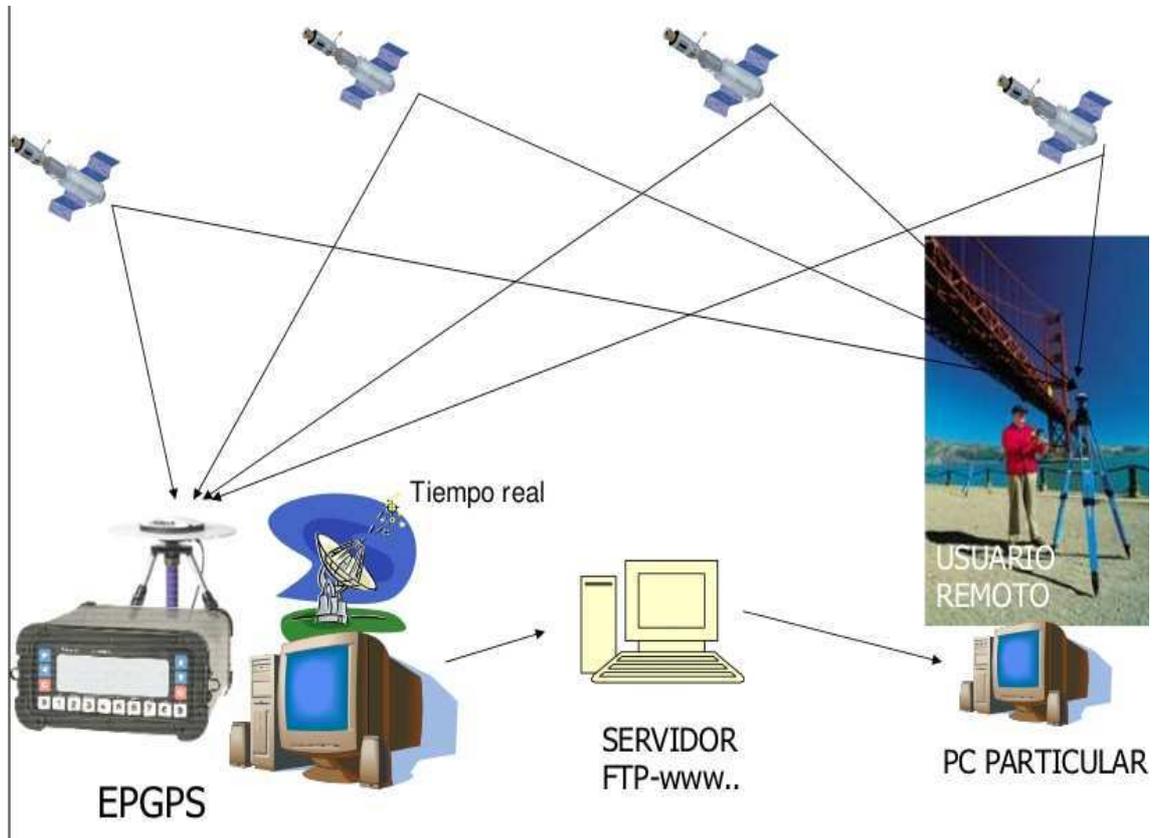
Por supuesto es necesario que las coordenadas del punto correspondiente a la EP sean conocidas así como la precisión que las caracteriza. Tanto esas coordenadas como la información que recibe la EP desde los satélites, debe ser accesible, de alguna manera, por los usuarios de la EP.

¡Debe ser un sistema confiable!

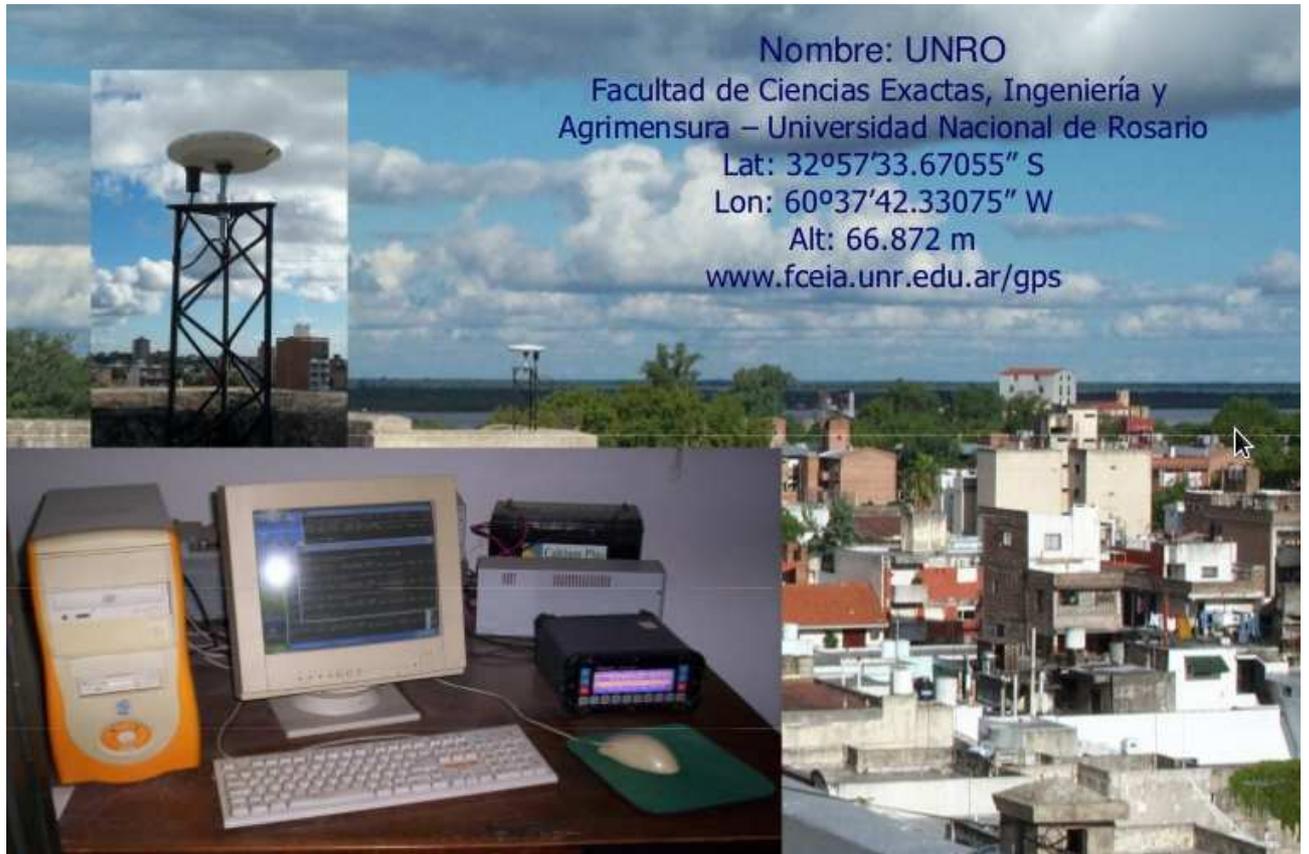
### **Servicios prestados por las EP**

1. Materialización del Marco de referencia
2. Cálculo de coordenadas, velocidades, aporte a redes internacionales

3. Base de los sistemas de mejoramiento de la precisión (internacionalmente llamados sistemas de aumentación)
4. Georreferenciación, usuarios profesionales
5. La utilidad de la EP GNSS es también función de los equipos de los usuarios



### Estación Permanente GNSS 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...

Consiste en un conjunto de estaciones permanentes de rastreo que efectúan el monitoreo del funcionamiento de los satélites, el cálculo de correcciones y la transmisión de las mismas mediante otros satélites específicamente destinados a tal fin.

### *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 (previstos 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?

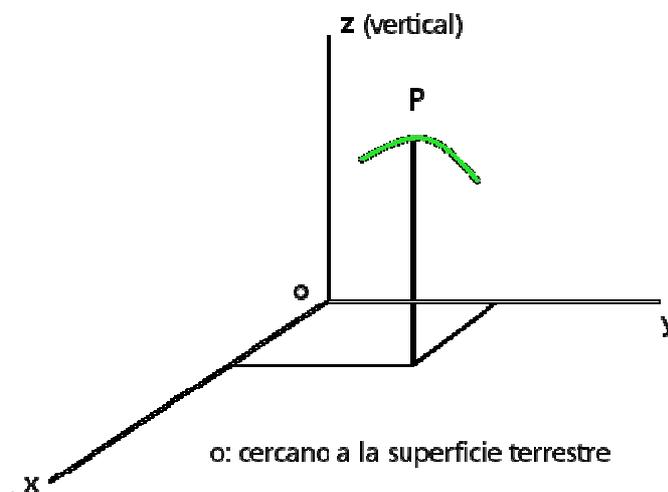
A cada posición espacial (a cada punto del espacio) le corresponde un juego de coordenadas  $(x, y, z)$ . Para esto es necesario definir previamente un Sistema de Referencia, lo que implica definir la posición del origen de coordenadas y la orientación de los ejes.

#### *Los sistemas de referencia*

Un Sistema de Referencia Terrestre (SRT) es un Sistema de Referencia FIJO A LA TIERRA. Se pueden definir:

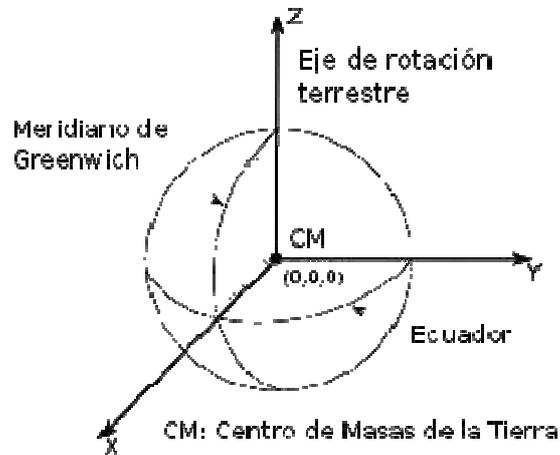
##### **Sistemas de referencia locales**

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

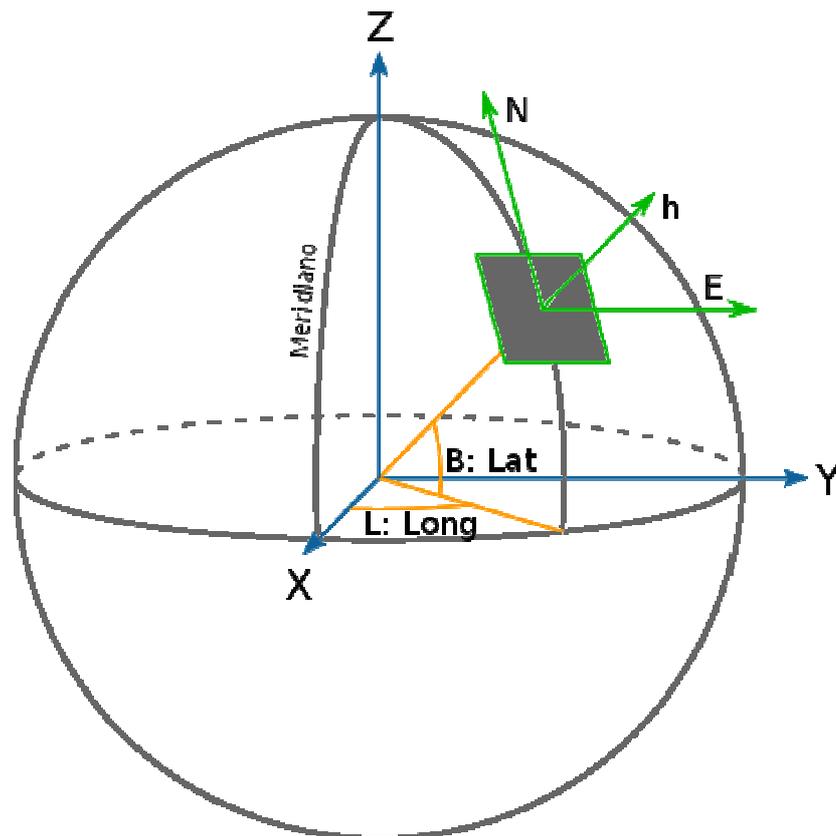


### Sistema de referencia global (único para todo el planeta)

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

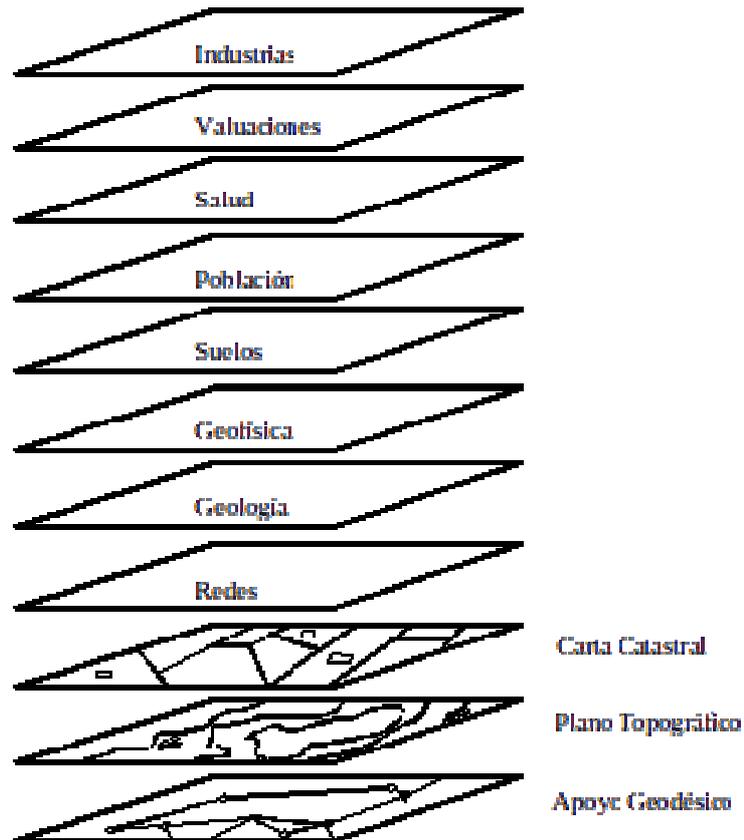


El sistema ENh (Este, Norte, Altura) ejemplifica un sistema local, es decir, de una región de la Tierra. El sistema XYZ es global y geocéntrico.

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***

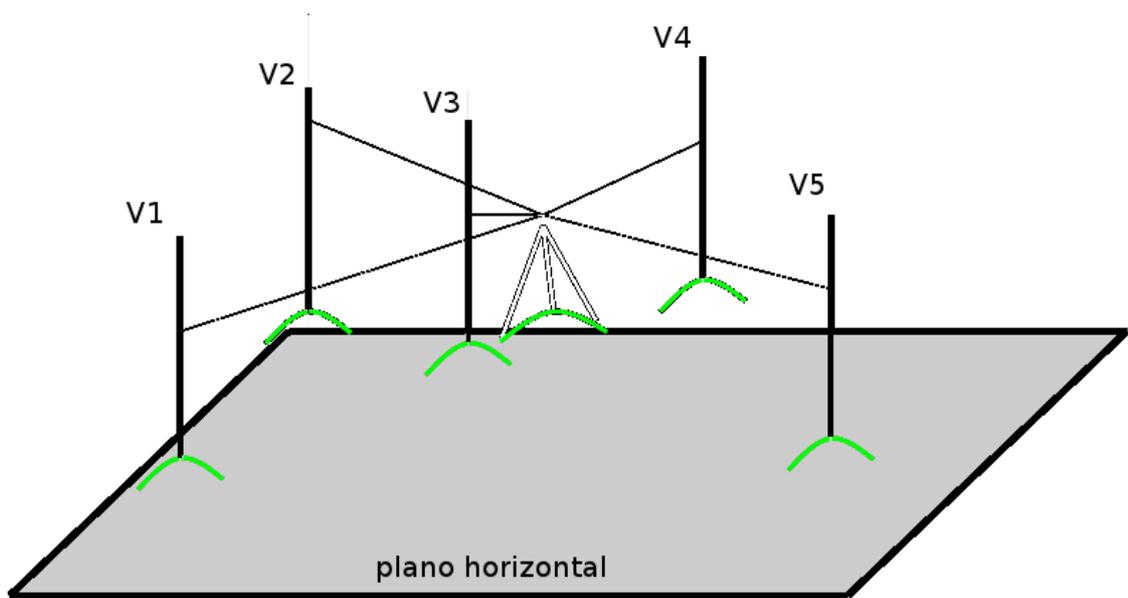
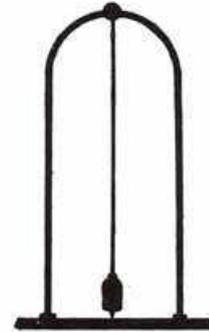
Cuando queremos indicar la altura de un punto necesitamos contar con una superficie de referencia. Vamos a definir como superficie horizontal a aquella que es perpendicular a la vertical en todos sus puntos. A continuación veremos cuáles son las implicancias de esta definición.

**Vertical**

Dirección de la plomada.

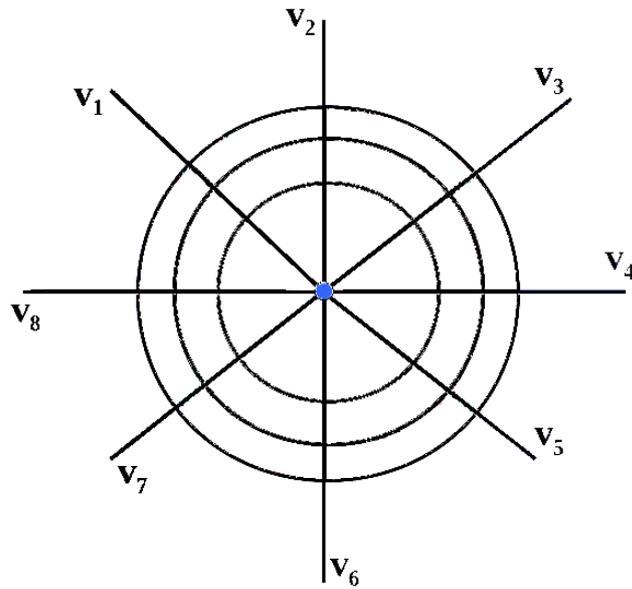
En una región acotada o relativamente pequeña:

- 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

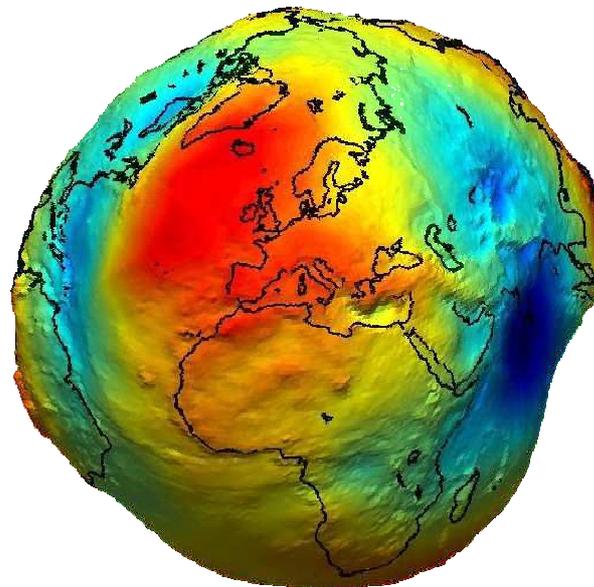


**En realidad** la Tierra es aproximadamente elipsoidal, la distribución de masas no es homogénea y está sometida a la Fuerza Gravitacional y la Fuerza Centrífuga (por su rotación alrededor de un eje). Por lo tanto:

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

### **Geoide**

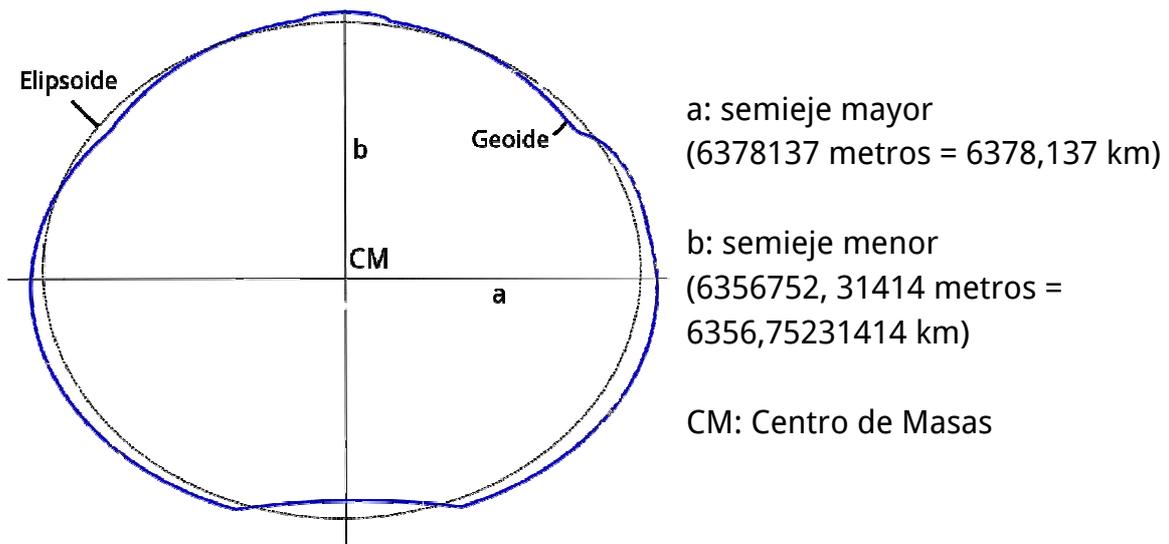
Se denomina Geoide a la superficie de nivel que mejor se ajusta al nivel medio del mar.



### ***Elipsoide de revolución***

Dado lo irregular e impreciso del geode se adopta una superficie de referencia lo mas aproximada posible al geode. Esa superficie está definida matemáticamente y posibilita efectuar cálculos. Es un elipsoide de revolución, el que se genera mediante una elipse que gira sobre uno de sus ejes.

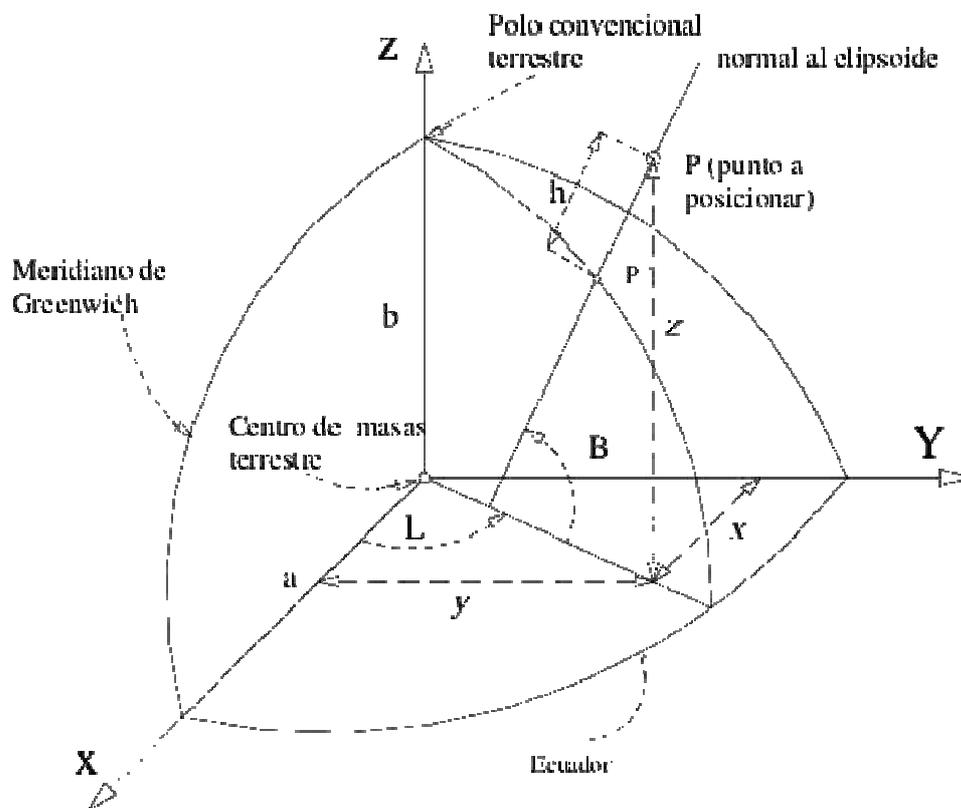
En la figura vemos el elipsoide de revolución terrestre en superposición con el Geode.



### ***Coordenadas geodésicas***

- B: Latitud elipsódica
- L: Longitud elipsódica
- h: Altitud elipsódica

### 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

(Según la superficie de referencia utilizada -geoide o elipsoide- variará la medida de la altura)

*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 geode***

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

$$N=h-H$$

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

$$N_{p07} = 17.62m$$

### **Representación en el plano**

Cuando se representa una porción considerable de la superficie terrestre mediante una figura plana inevitablemente se producen deformaciones.

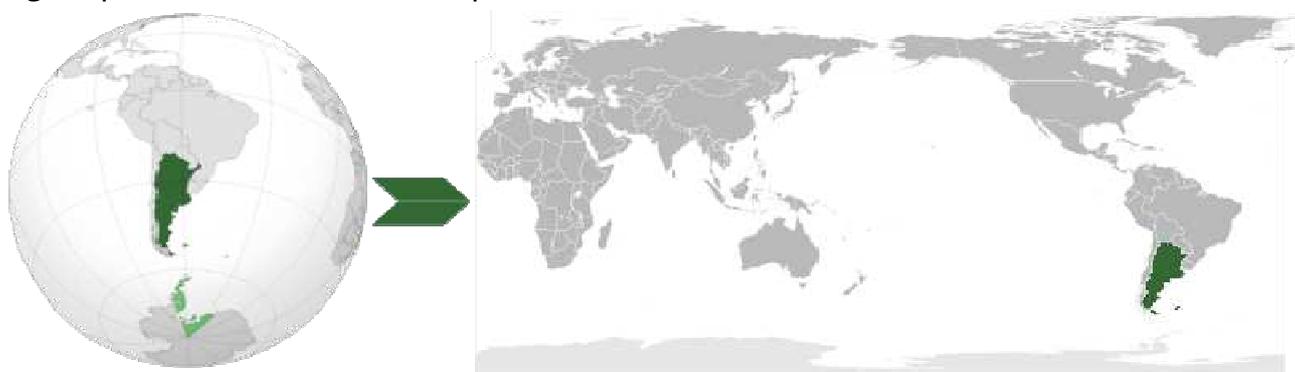


Figura sobre el elipsoide

□ **deformaciones** □

Figura sobre el plano

### ***Representación cartográfica Gauss-Krüger***

La representación cartográfica Gauss-Krüger es la adoptada oficialmente por la República Argentina.

Repasemos brevemente algunas de sus características: es cilíndrica, transversal y conforme (esto último significa que las figuras conservan su forma, es decir los ángulos no varían entre la carta y la realidad).

Se adoptan siete "fajas", cada una de las cuales corresponde a un meridiano de coincidencia llamado meridiano central. El ancho de cada faja es de 3° (1°,5 a cada lado del meridiano central).

Las coordenadas Gauss-Krüger indican la posición sobre la superficie del elipsoide pero nada dicen de su altura.

La X indica la distancia al Polo Sur a lo largo del meridiano central y desde allí la Y indica la distancia a ese meridiano a la cual se le suma un valor fijo llamado "falso Este", lo que permite identificar en que faja se halla ubicado el punto.

El pasaje de coordenadas elipsóidicas (latitud y longitud) a Gauss-Krüger (X, Y) y viceversa se efectúa mediante cálculos matemáticos para lo cual existe software al efecto.

Obviamente se requiere utilizar una escala para poder graficar

**Husos cartográficos**

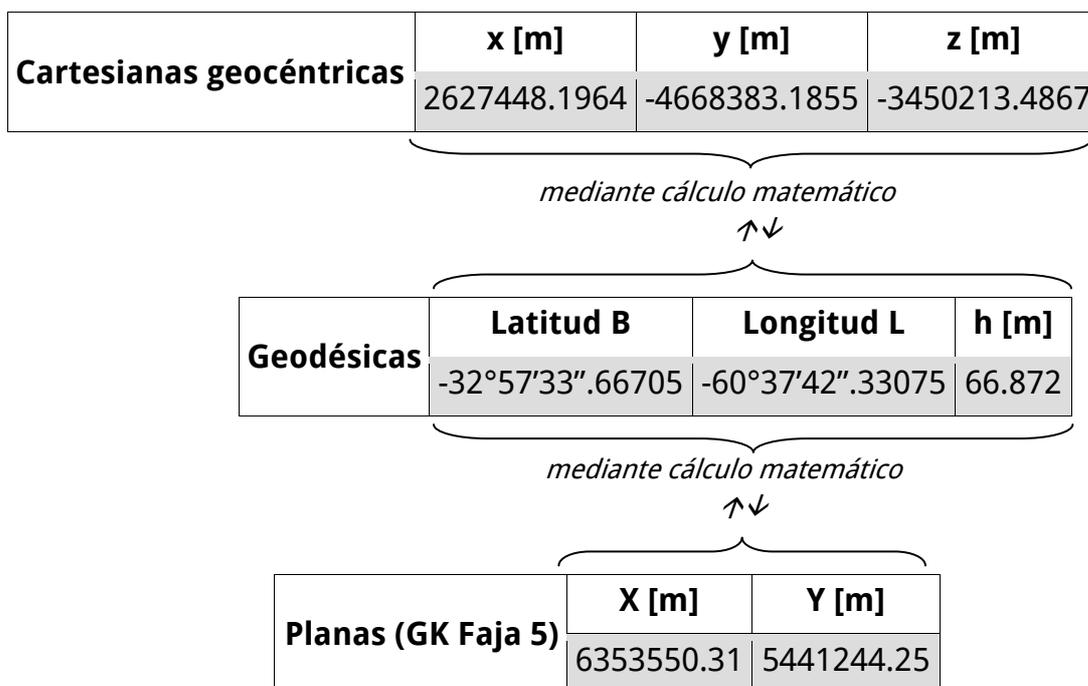
<b>L<sub>mc</sub></b> (Long. del meridiano central)	<b>Y<sub>0</sub></b> (Falso Este)	<b>Faja</b>
-72°	1500000 m	1
-69°	2500000 m	2
-66°	3500000 m	3
-63°	4500000 m	4
-60°	5500000 m	5
-57°	6500000 m	6
-54°	7500000 m	7

**Ejemplo de coordenadas Gauss-Krüger:**

**Punto:** UNRO  
**Marco de referencia:** POSGAR 2007  
**X [m]:** 6353550.31  
**Y [m]:** 5441244.25  
**L<sub>mc</sub>:** -60°

**Tipos de coordenadas:**

Por ejemplo, las coordenadas de UNRO, en el MR POSGAR 2007, se puede expresar de distintas maneras:



## ***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***. En un pasado no lejano cada país (o incluso regiones dentro de un país) tenía un MR propio. La mayor parte de la cartografía impresa fue elaborada con los MR vigentes en su época y en su región.
- Dos marcos de referencia globales son:

**WGS84 e 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 han ido mejorando paulatinamente su precisión
- 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 referencia  $t_0$ . Esto se debe a que los puntos que materializan cada estación se están desplazando continuamente. Por ejemplo, en Rosario, el desplazamiento normal es de algunos milímetros por año, próximo al centímetro.

### **SIRGAS**

- Sistema de referencia geocéntrico para las Américas
- SIRGAS-CON (actual)
  - Ver ilustración en Anexo C
- Velocidades SIRGAS-CON
  - Ver ilustración en Anexo D

## **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

- Comparado con el actual POSGAR 2007 hay un desplazamiento del orden de los 200 metros
- Precisión: 3 a 10 milímetros por kilómetro (ppm o partes por millón)

### ***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)
- Calculado en base a una remediación y densificación del original POSGAR 94
- Materializado por 436 puntos
- Precisión: 1 milímetro por kilómetro (ppm o partes por millón)

### **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 administrada por el IGN

- Ver ilustración en Anexo B.

***Estación Permanente UNRO***



*Ilustración 6: Antena*



*Ilustración 7: Receptor GPS*

Primer receptor de la EPGPS UNRO que se utilizó hasta el año 2013

***UNRO - 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<sub>x</sub>: 0.0057 m/a

y: -4668383.1855 m    V<sub>y</sub>: -0.0074 m/a

z: -3450213.4867 m    V<sub>z</sub>: 0.0085 m/a

## Práctica

### *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.

<b>POSGAR '07</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>
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 midiendo sobre la carta.

Manual del navegador utilizado en el curso:

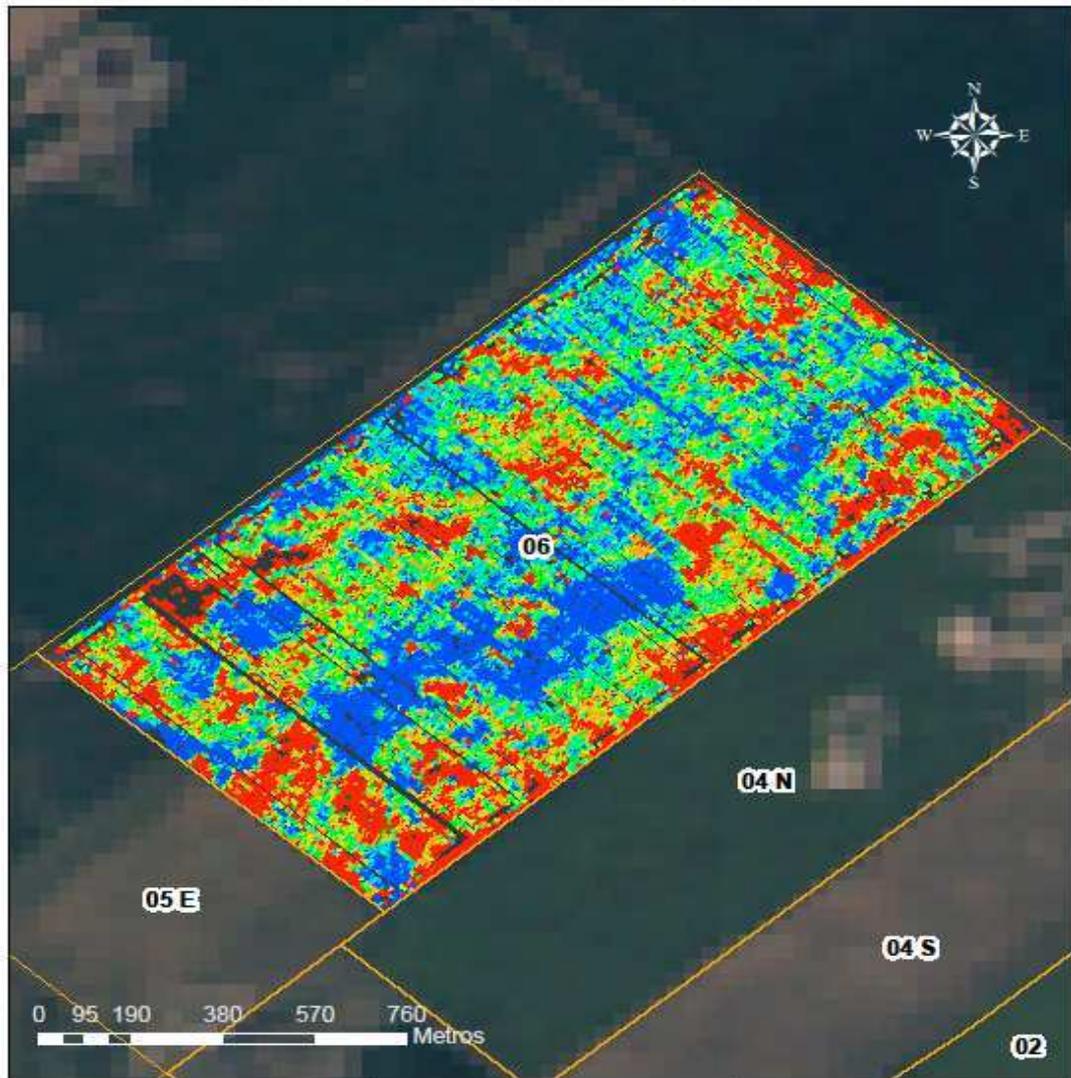
Ver en la página de UNRO "Manual del usuario del navegador Garmin© Oregon"  
UNRO - Grupo de Geodesia Satelital de Rosario - Cursos

Para mayor información referirse al sitio oficial de Garmin©.

## Anexo A: Agricultura de precisión

### Mapa de rendimiento de una parcela agrícola

Mapa de Rendimiento | Ramirez, Juan Ignacio



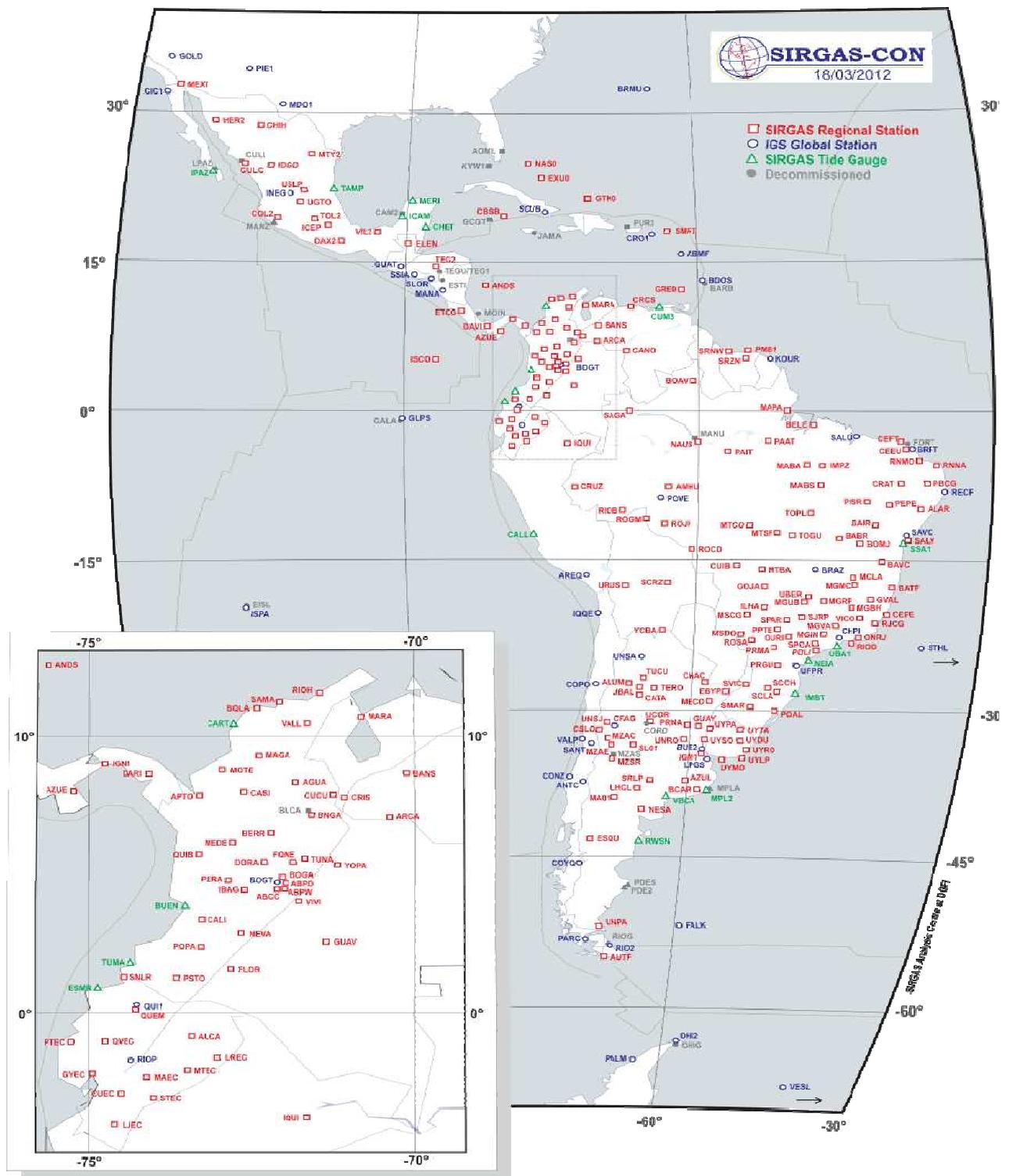
<p>Contratista: Ramirez, Juan Ignacio Establecimiento: La Estrella Lote: 6 Cultivo: girasol Campaña: 2007-2008 Fecha de cosecha: 10/03/2008 Sup. cosechada: 128.09 has. Prom. de rinde (seco): 2.77 tn/ha Producción total (seco): 352 tn. Humedad media: 7.3 %</p>		<p><b>Masa de Rendimiento Seco</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>1.50 - 2.50 [tn/ha]</li><li>2.51 - 2.60 [tn/ha]</li><li>2.61 - 2.70 [tn/ha]</li><li>2.71 - 2.80 [tn/ha]</li><li>2.81 - 2.90 [tn/ha]</li><li>2.91 - 3.00 [tn/ha]</li><li>3.01 - 4.01 [tn/ha]</li></ul>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Anexo B: RAMSAC** (vigente al año 2012 - ver actual en página de internet del IGN) <http://ign.gov.ar/AreaProfesional/Ramsac/>

**República Argentina - parte continental americana**



# Anexo C: SIRGAS-CON



**Anexo D: Velocidades SIRGAS-CON**

