



GENERALITAT  
VALENCIANA

CONSELLERIA DE GOBERNACIÓN Y JUSTICIA



GPS

# MANUAL DE FORMACIÓN

## - CURSO PRÁCTICO DE MANEJO DE GPS -

# - INTRODUCCIÓN -

## Qué es el GPS

- Global Positioning System o Sistema de Posicionamiento Global es un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS).
- Permite determinar en todo el mundo la posición de una persona, un vehículo o una nave, con una cierta desviación métrica o submétrica.
- Sistema desarrollado y mantenido por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, quien lanzó la Constelación de Satélites Norteamericanos llamada NAVSTAR.



# - INTRODUCCIÓN -

## Otras Constelaciones GPS

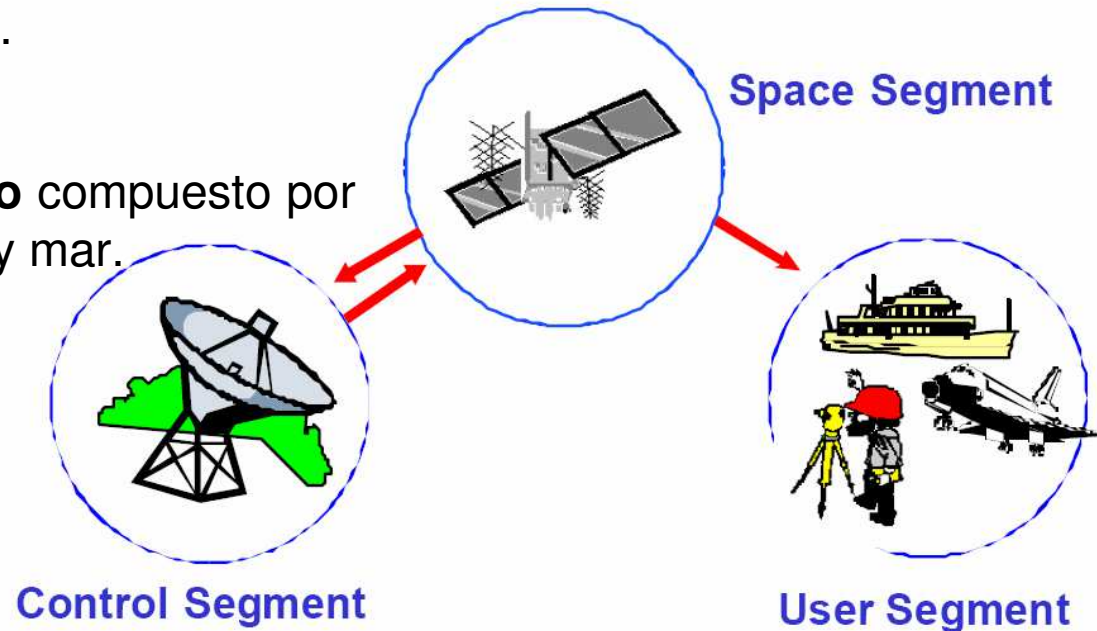
- La antigua Unión Soviética lanzó su propia Constelación llamada GLONASS (hoy en día mantenida por Rusia y La India).
- En futuro próximo, la Unión Europea tendrá en funcionamiento la red de satélites denominada GALILEO.
- Hoy día, los receptores GPS, pueden obtener información (de posición y de tiempo) de las dos Constelaciones NAVSTAR y GLONASS, obteniendo datos muy precisos.

# - INTRODUCCIÓN -

## Elementos del Sistema NAVSTAR GPS

El sistema NAVSTAR GPS consiste en tres segmentos:

- El **segmento Espacio** compuesto por la constelación de 24 satélites repartidos en 6 órbitas.(+19 Geoestacionarios del 33a151)
- El **segmento de Control** compuesto por estaciones terrestres de seguimiento y monitorización.
- El **segmento de Usuario** compuesto por los receptores de aire, tierra y mar.



# - INTRODUCCIÓN -

## GPS Emisor/receptor

- Receptor de señales GPS. Registro de puntos y líneas.



- Receptor/Emisor de señales GPS-GSM-GPRS. Control de flotas.



- Receptor de señales GPS - Navegador. Registro de puntos.



# - INTRODUCCIÓN -

## GPS Usos y aplicaciones civiles del GPS

- Navegación aérea.
- Navegación marítima.
- Navegación en vehículos.
- Trabajos topográficos.
- Trabajos geodésicos.
- Agricultura (planeo de parcelas).
- Medición en trabajos forestales.
- Ocio (senderismo, bicicleta de montaña, montañismo, Geocaché).
- etc.



# - INTRODUCCIÓN -

## GPS Usos y aplicaciones civiles del GPS

Con las últimas tecnologías aparecen otros usos como:

- Posicionamiento de imágenes tomadas con cámara fotográfica digital.
- Integración para la navegación con ordenadores portátiles y Pocket PC.
- Posicionamiento de un teléfono móvil cuando se realice una llamada de emergencia.
- Etc.

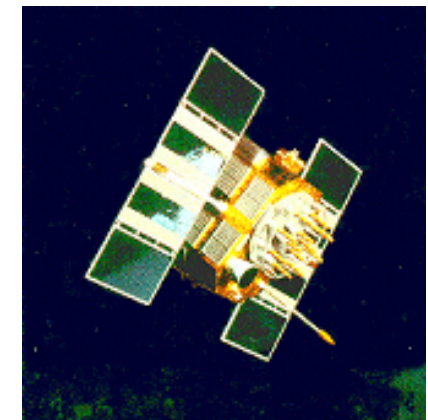
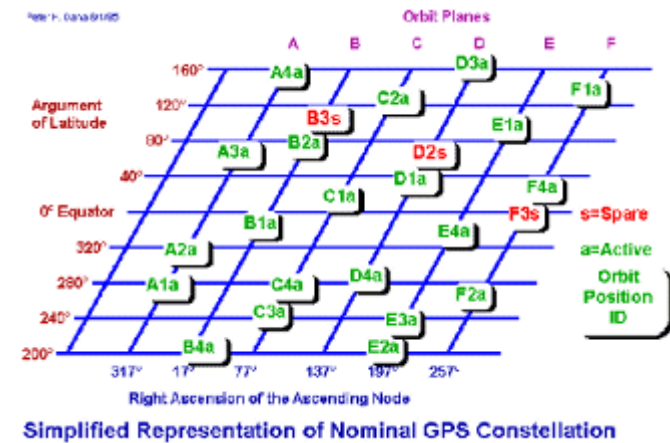




# - FUNDAMENTOS -

## GPS Red de satélites del GPS

- El GPS funciona mediante una red de satélites que se encuentran en diferentes órbitas alrededor de la tierra.
- Cuando se desea determinar la posición, el receptor localiza un mínimo de tres (posiciones 2D) o cuatro (posiciones 3D) satélites de la red, de los que recibe señales de posición y reloj.
- Los satélites conocen su posición en el espacio en cada momento gracias a las estaciones de control terrestres (Segmento Terrestre).



Peter H. Dana 5/27/85

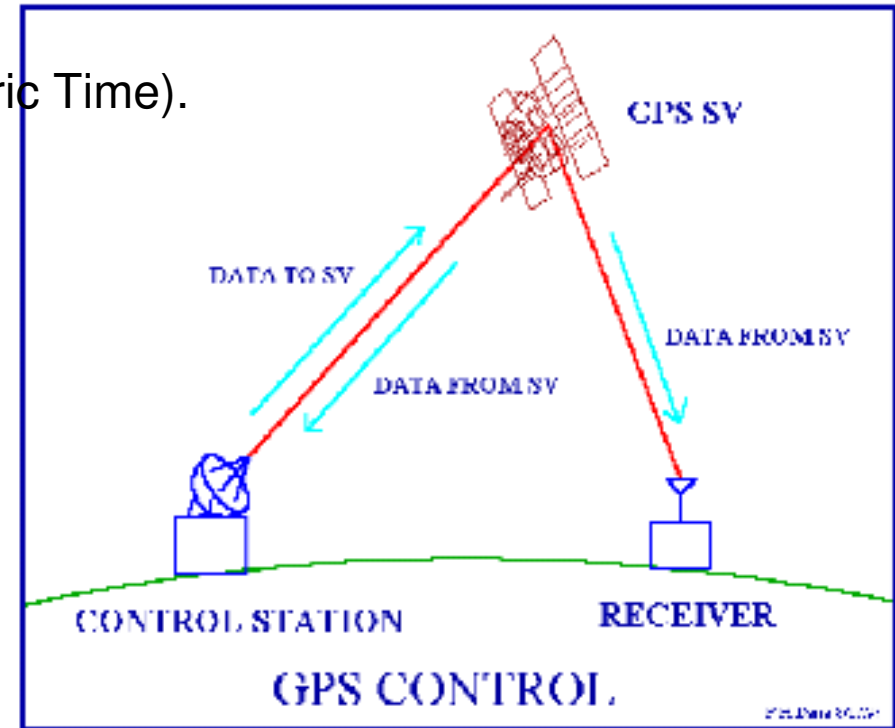


# - FUNDAMENTOS -

## GPS Señales de la red de satélites del GPS

Los satélites transmiten constantemente :

- Su posición individual (lo que se conoce como Efemérides).
- Hora precisa (UMT – Universal Metric Time).
- Datos de la constelación o posición del resto de satélites respecto a sí mismo (se conoce como Almanaque).



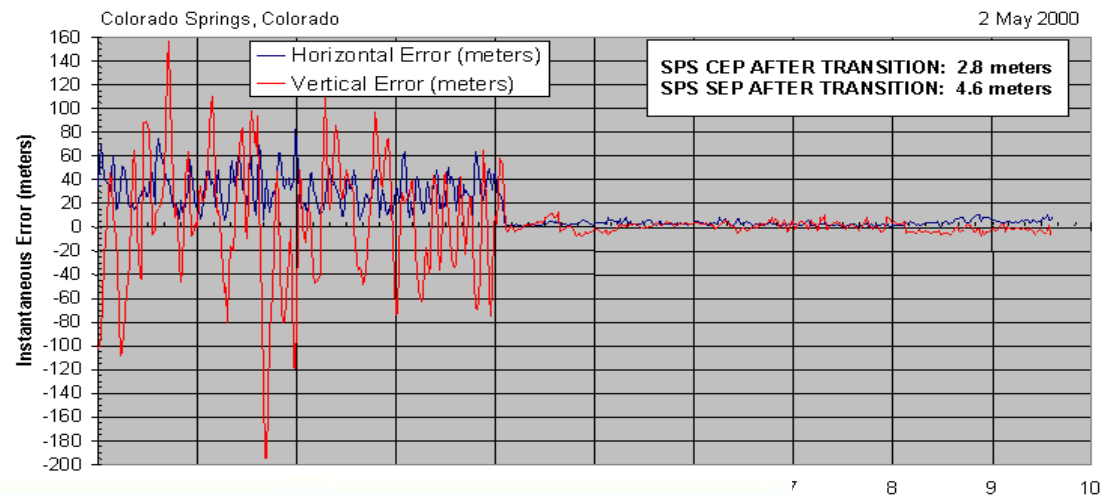
# - FIABILIDAD DE LOS DATOS -

## GPS Disponibilidad Selectiva

- Debido al carácter militar del sistema GPS, el Departamento de Defensa de U.S.A. hasta antes del 2 de Mayo del año 2000, se reservaba la posibilidad de incluir un cierto grado de error aleatorio que podía variar desde los 15 a los 100 metros, era la llamada Disponibilidad Selectiva (S/A).
- El 2 de Mayo del 2000 se anuló la degradación intencionada de las señales de GPS para uso civil -Disponibilidad Selectiva (S/A)- para obtener posiciones más precisas.



### *SA Transition -- 2 May 2000*

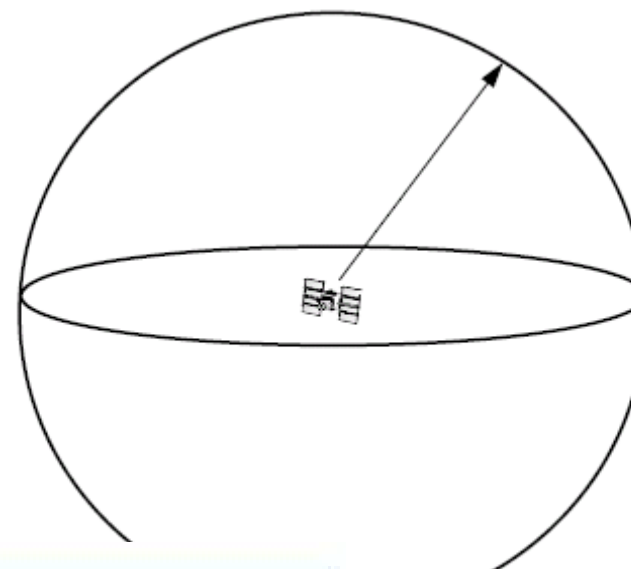


# - FUNCIONAMIENTO DEL GPS -

## GPS Cálculo de la Posición

- Las **distancias** entre el **receptor** y el **satélite** se obtienen mediante el cálculo por parte del receptor de GPS **a través del retardo de tiempo** que sufre la **señal** enviada por cada satélite y recibida por el propio receptor de GPS.

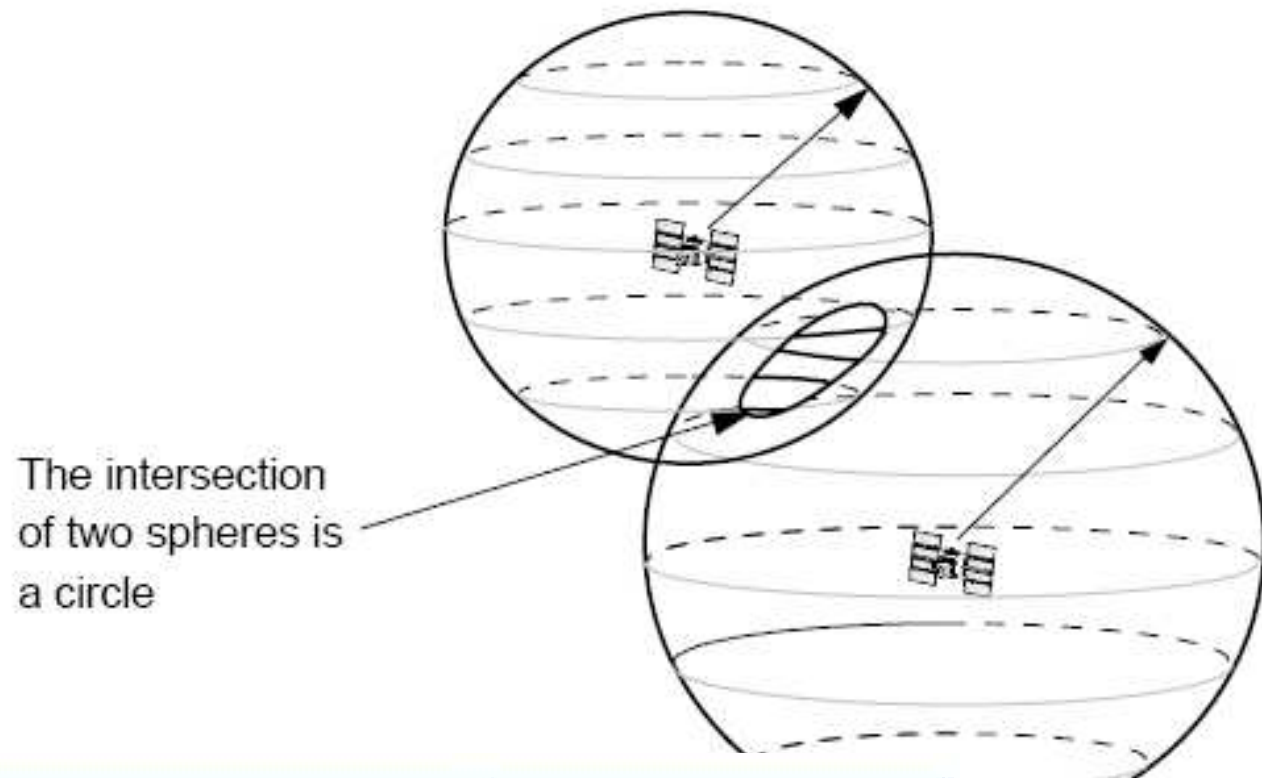
- Cada satélite indica que el receptor se encuentra en un punto en la superficie de la esfera con centro en el propio satélite y de radio la distancia total hasta el receptor.



# - FUNCIONAMIENTO DEL GPS -

## GPS Cálculo de la Posición

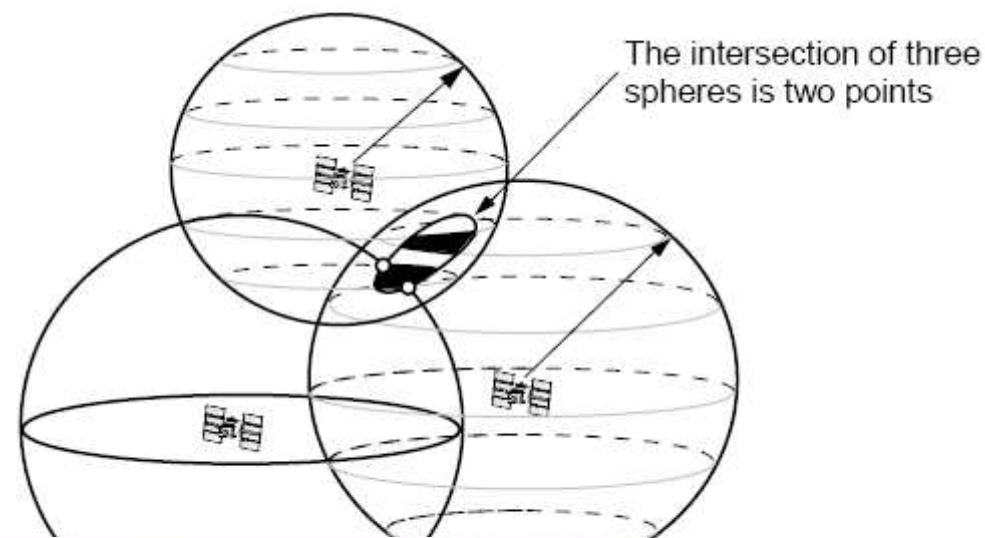
- Con la información de un segundo satélite el receptor se encuentra en un punto sobre la circunferencia resultante de la intersección de las dos esferas.



# - FUNCIONAMIENTO DEL GPS -

## GPS Cálculo de la Posición

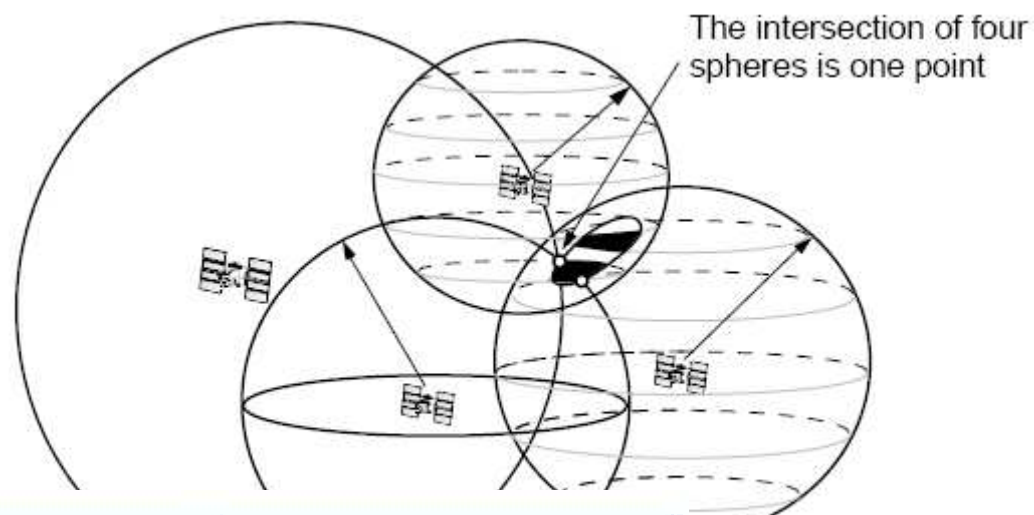
- Con la información de un tercer satélite la nueva esfera corta la circunferencia anterior en dos puntos. Uno de ellos se puede descartar por ofrecer una posición absurda.
- Tendríamos una posición en 3-D, pero dado que el reloj que incorporan los receptores GPS no está sincronizado con los relojes atómicos de los satélites GPS, los dos puntos determinados no son precisos.



# - FUNCIONAMIENTO DEL GPS -

## GPS Cálculo de la Posición

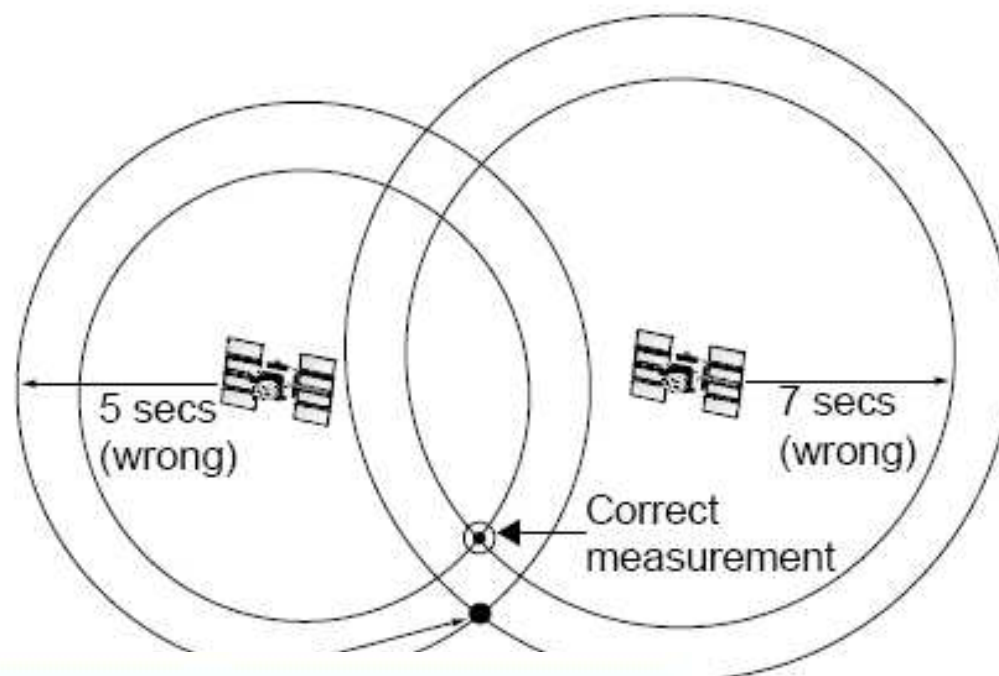
- Con la información de un cuarto satélite, se puede determinar una posición 3-D exacta (latitud, longitud y altitud).
- Al no estar sincronizados los relojes entre el receptor y los satélites, la intersección de las cuatro esferas es un pequeño volumen en lugar de un punto.
- La corrección es ajustar la hora del receptor de forma que este volumen se transforme en un punto.
- Los receptores de GPS utilizan la medida del cuarto satélite para eliminar el error de reloj.



# - FUNCIONAMIENTO DEL GPS -

## GPS Cálculo de la Posición – Error de Reloj

- Los satélites tienen de relojes atómicos controlados desde tierra.
- Los receptores GPS no disponen de reloj atómico, por peso y precio, que asegure una perfecta sincronización con la constelación de satélites.
- Para el cálculo de una posición en 2D, el error producido por la intersección de dos satélites es el que se muestra en la figura; suponiendo el error cometido por la señal debido a la falta de sincronización de los relojes de los satélites con el receptor de GPS.

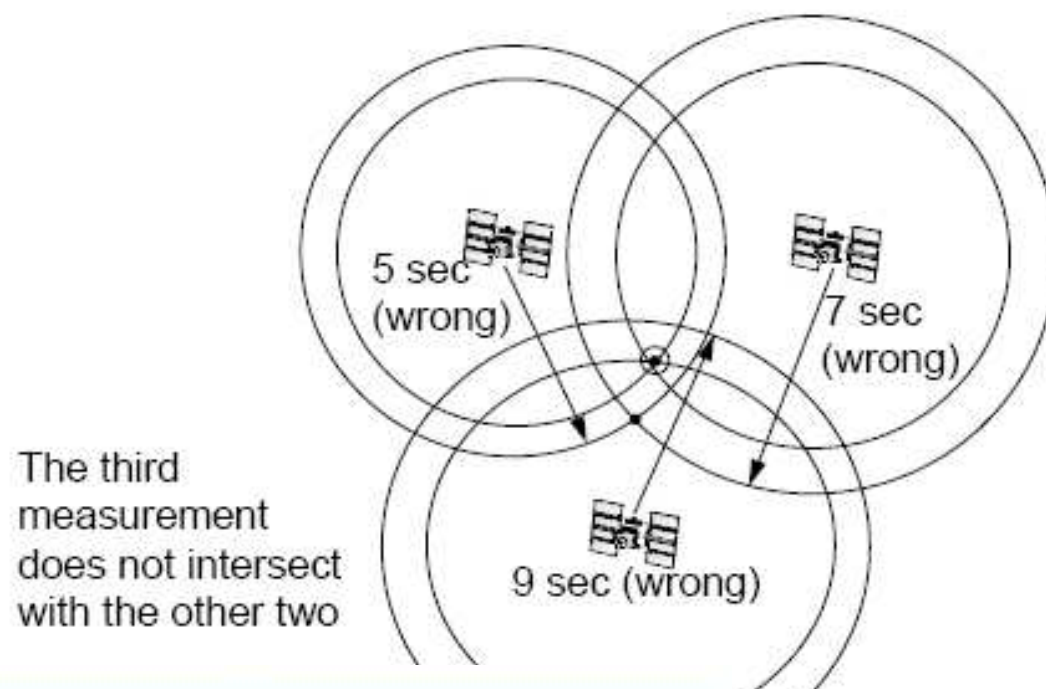




# - FUNCIONAMIENTO DEL GPS -

## GPS Cálculo de la Posición – Error de Reloj

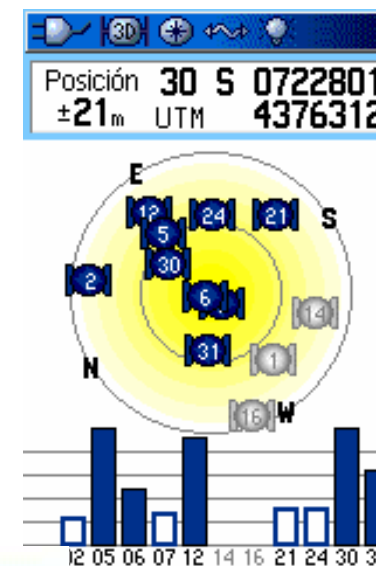
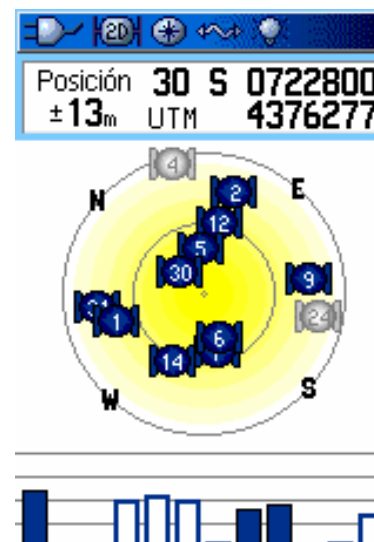
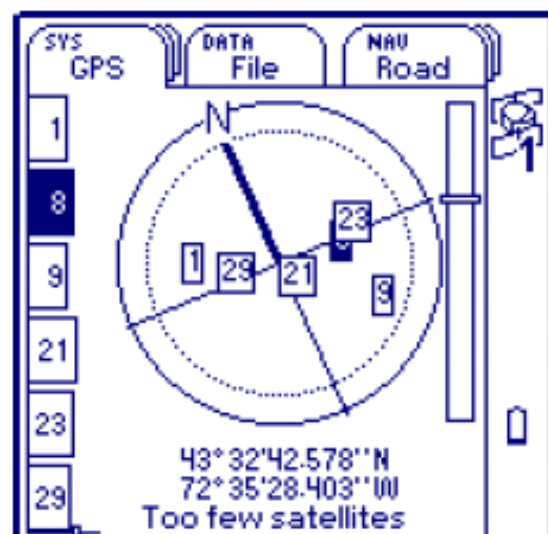
- Para el cálculo de una posición en 2D, el error producido por la intersección de tres satélites es el que se muestra en la figura;
- suponiendo el error cometido por la señal debido a la falta de sincronización de los relojes de los satélites con el receptor de GPS.
- Con un tercer satélite, una de las medidas de reloj no intersecta con las otras dos.



# - FUNCIONAMIENTO DEL GPS -

## GPS Número mínimo de satélites visibles

- Tres satélites deben ser visibles para calcular posiciones 2D (latitud, longitud y tiempo).
- Cuatro satélites visibles para calcular posiciones 3D (latitud, longitud, altitud y tiempo) siendo ideal tener cinco o más.
- Con cinco o más satélites el receptor GPS puede utilizarlos todos para dar una solución matemática más fuerte y asegura el cálculo de posiciones 3D cuando alguno de los satélites queda en la sombra de la antena del receptor.



# - FIABILIDAD DE LOS DATOS -

## GPS Errores en los datos

- Los receptores GPS, pueden obtener precisiones métricas o submétricas, dependiendo del modelo del receptor y su tipo de medición.
- Las empresas de logística emplean sistemas con precisión métrica ya que un buque, camión o vehículo, no necesita de mayor precisión.
- En trabajos Geodésicos o Topográficos se emplean receptores de precisión submétrica, llegando a los 2 cms de error planimétrico y 3 cms de error altimétrico.



# - FIABILIDAD DE LOS DATOS -

## GPS Errores en los datos

Componentes significativos que inciden en el error de precisión de una posición a través de GPS:

- Receptor, calidad antena y tipo (características procesamiento señal).
- Plataforma dinámica del receptor (estático o dinámico).
- Estructura de referencia (satélite y usuario).
- Constelación de satélites y disponibilidad de servicio.
- Condiciones atmosféricas (retardos en la propagación de la señal en la ionosfera y troposfera).

# - FIABILIDAD DE LOS DATOS -

## GPS Errores en los datos

Componentes significativos que inciden en el error de precisión de una posición a través de GPS: (- Continuación -)

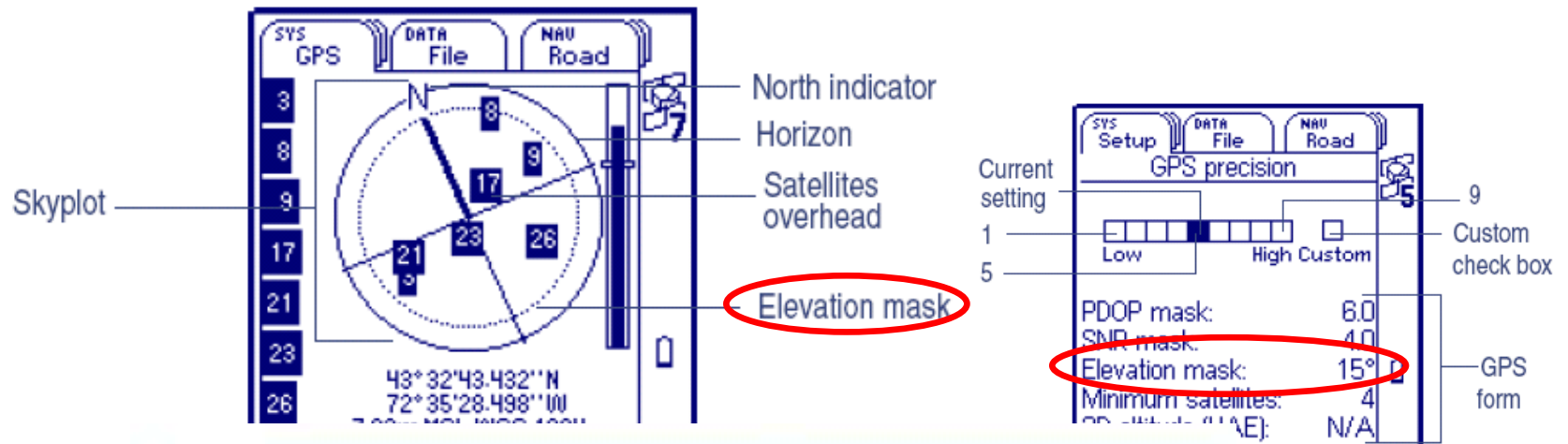
- Densidad del flujo solar.
- Condiciones de multitrayecto hacia el receptor.
- Ruido en el receptor.
- Máscara del ángulo de elevación en el receptor.
- Efecto geométrico de la constelación de satélites.
- Precisión del rango individual de medida de cada satélite.
- Falta de satélites o mala configuración de los mismos, donde el receptor no obtiene señal, por hallarse en zonas arboladas o edificadas con un Horizonte alto.

# - FIABILIDAD DE LOS DATOS -

## GPS Parámetros a tener en cuenta

Máscara de elevación:

- La máscara de elevación es el **ángulo de elevación sobre horizonte** por **debajo del cual los satélites no son utilizados para el cálculo** de las medidas de posición.
- Para aplicaciones basadas en tierra donde hay obstrucciones locales (follaje, construcciones, etc.) la prestación o rendimiento del sistema es más suave o tenue (**smoother**) con una máscara de elevación de 15° a 20°.
- Por defecto, la máscara de elevación en receptores Trimble es de 15°.



# - FIABILIDAD DE LOS DATOS -

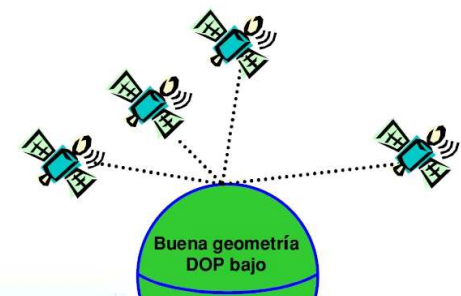
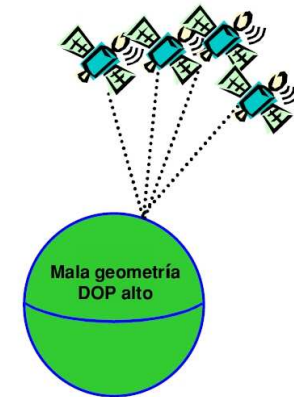
## GPS Parámetros a tener en cuenta

DOP:

- Dilution of Precision (DOP) es una **indicación de la geometría de los satélites** resultado del cálculo de la **localización relativa de un satélite respecto a los otros** dentro de la constelación que forman.
- Un nivel bajo de DOP indica una alta probabilidad de exactitud y viceversa.

Tipos de datos DOP:

- Posición PDOP se refiere a las medidas horizontal y vertical (latitud, longitud, altitud).
- Horizontal HDOP se refiere a la medida horizontal (latitud, longitud).
- Vertical VDOP se refiere a la medida vertical (altitud).
- Tiempo TDOP se refiere a la medida de reloj.



# - FIABILIDAD DE LOS DATOS -

## GPS Parámetros a tener en cuenta

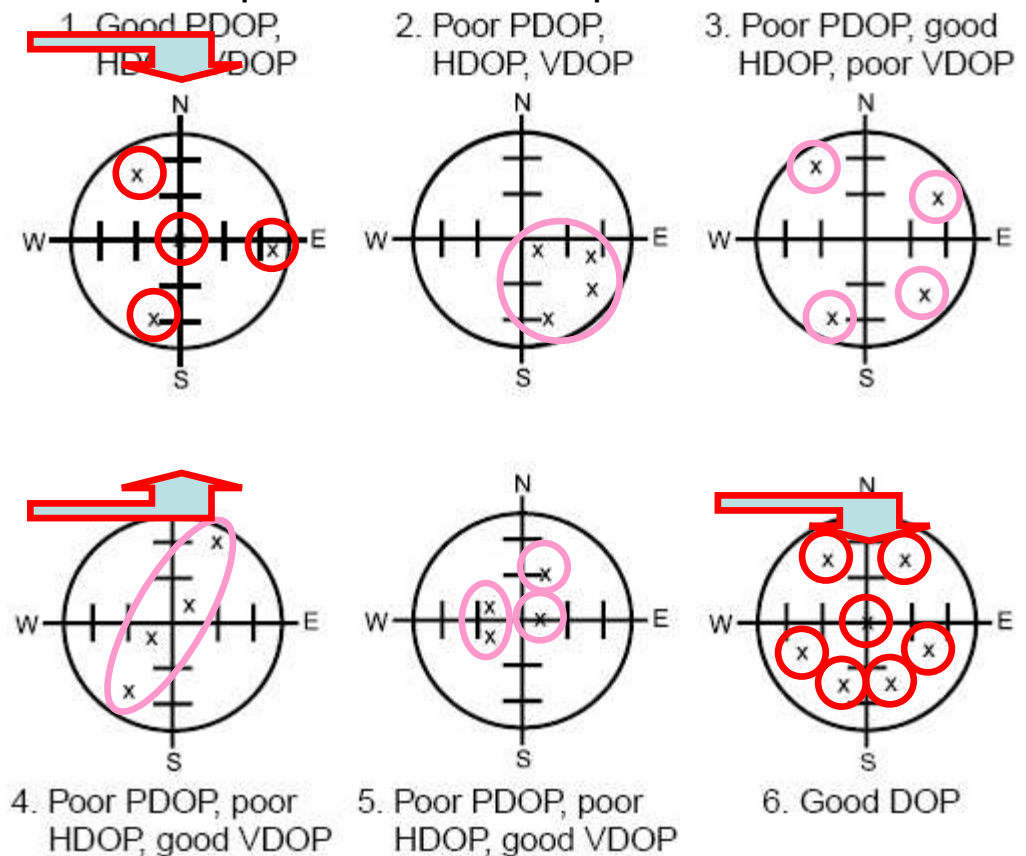
Diagrama PDOP/HDOP/VDOP:

□ Geometrías en el trazado del cielo de la pantalla del receptor del GPS.

- La constelación ideal tiene 4 satélites, 3 eventualmente espaciados alrededor del horizonte y 1 directamente sobre la cabeza.

- Esta distribución ofrece la mayor precisión de posiciones 3D porque cualquier error horizontal de una dirección es comprobada por la medida de una dirección opuesta.

- El satélite que se encuentra sobre la cabeza comprueba la precisión de los otros tres.



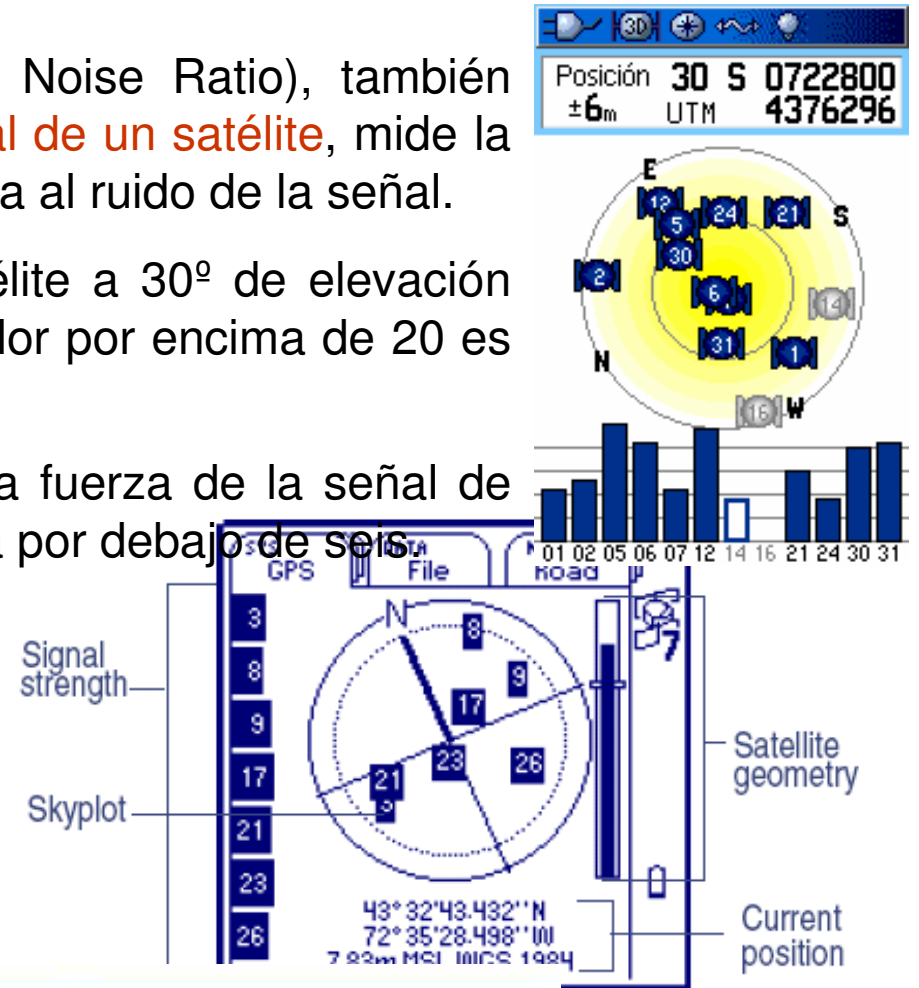


# - FIABILIDAD DE LOS DATOS -

## GPS Parámetros a tener en cuenta

Máscara SNR:

- El SNR de un satélite (Signal to Noise Ratio), también llamado **fuerza de señal o nivel de señal de un satélite**, mide la información contenida de la señal relativa al ruido de la señal.
- El nivel típico de señal de un satélite a 30° de elevación sobre el horizonte es de 12 a 20 (un valor por encima de 20 es muy bueno).
- La calidad de la señal es baja si la fuerza de la señal de cualquier satélite en la constelación está por debajo de seis.
- Cuando la fuerza de la señal de un satélite es particularmente débil, las posiciones calculadas tienden a ser inexactas.



# - FIABILIDAD DE LOS DATOS -

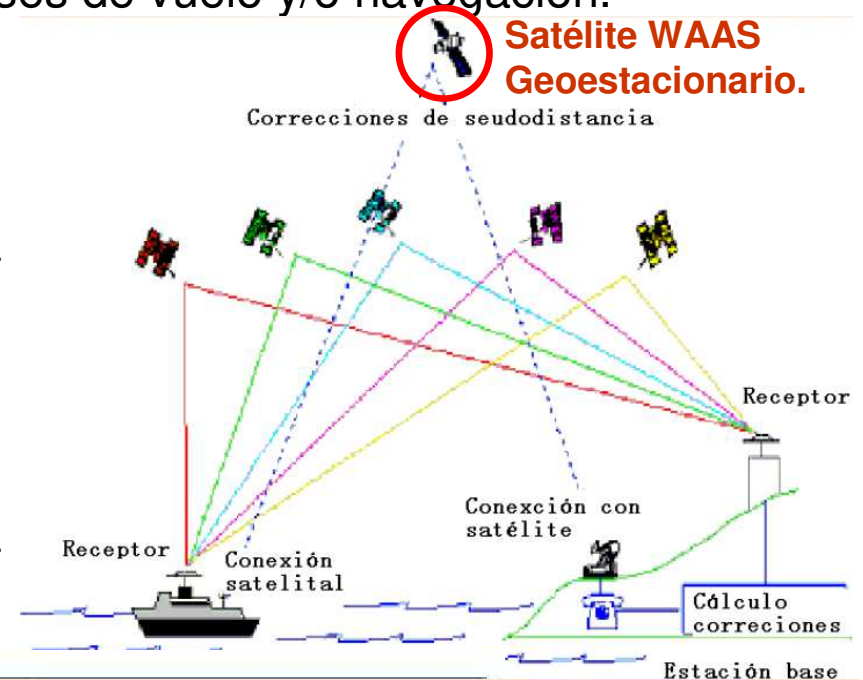
## GPS Corrección Diferencial

Sistema WAAS para corrección diferencial:

- Wide Area Augmentation System (WAAS) fue diseñado principalmente para los usuarios de aviación.
- **Provee de una señal en el espacio** para navegar en ruta a través de una **mayor exactitud y precisión** en todas las fases de vuelo y/o navegación.

La señal ofrece tres servicios:

- Integridad de datos de GPS y órbita de satélites geostacionarios terrestre.
- Corrección diferencial de datos de GPS para mejorar la precisión.
- Capacidad para mejorar la disponibilidad y la continuidad.



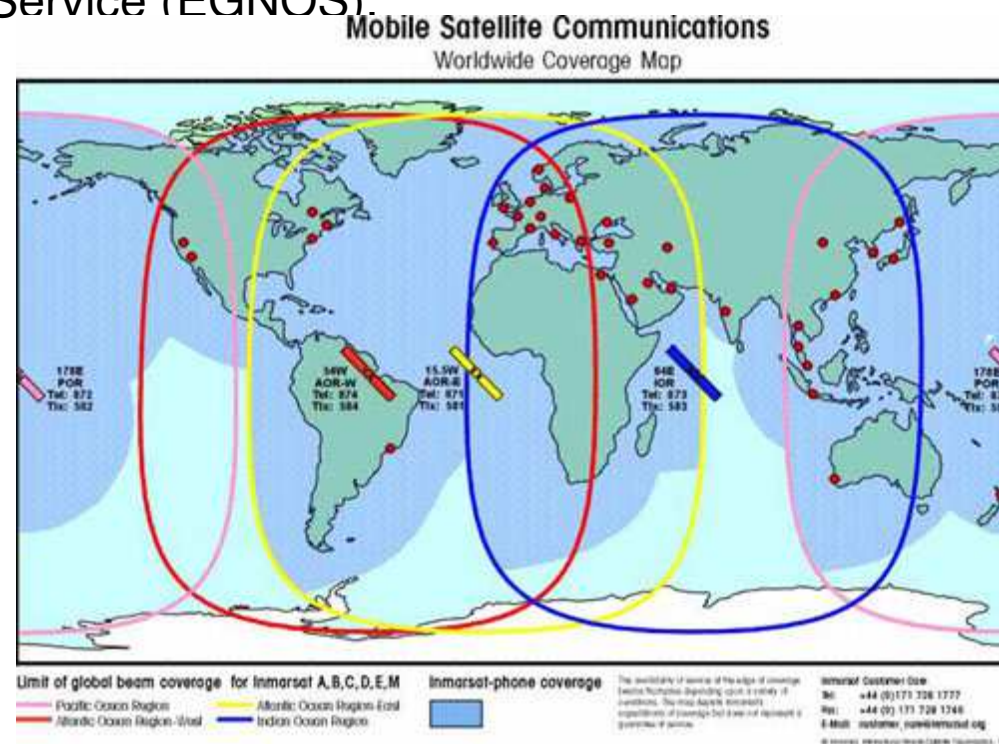
# - FIABILIDAD DE LOS DATOS -

## GPS Corrección Diferencial

Sistema WAAS para corrección diferencial:

- En Europa el sistema se conoce con el nombre de Europe's Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS).

- En Asia Multi-functional Satellite Augmentation System (MSAS).

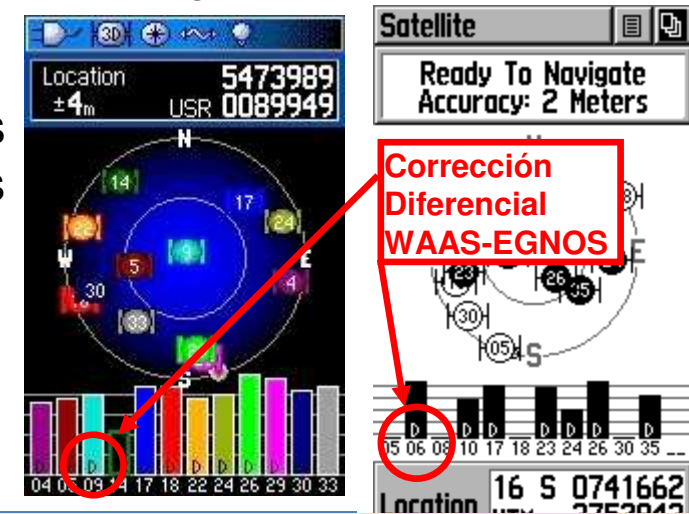


# - FIABILIDAD DE LOS DATOS -

## GPS Corrección Diferencial

Sistema WAAS para corrección diferencial:

- Las unidades de navegación GPS de Garmin pueden acceder a 19 satélites geoestacionarios WAAS/EGNOS/MSAS con ID 33-51 (actualmente es una convención NEMEA).
- Cada satélite tiene su propio y único código PRN (Pseudo-Random Noise) asignado de la lista de 19.
- Esos satélites no se mueven en la pantalla del navegador como ocurre con los otros con órbitas bajas terrestres.
- Los receptores Garmin utilizan uno o dos canales para el seguimiento de los satélites WAAS de corrección diferencial.



# - REPRESENTACIÓN DE DATOS -

## GPS Sistemas de proyección de los datos

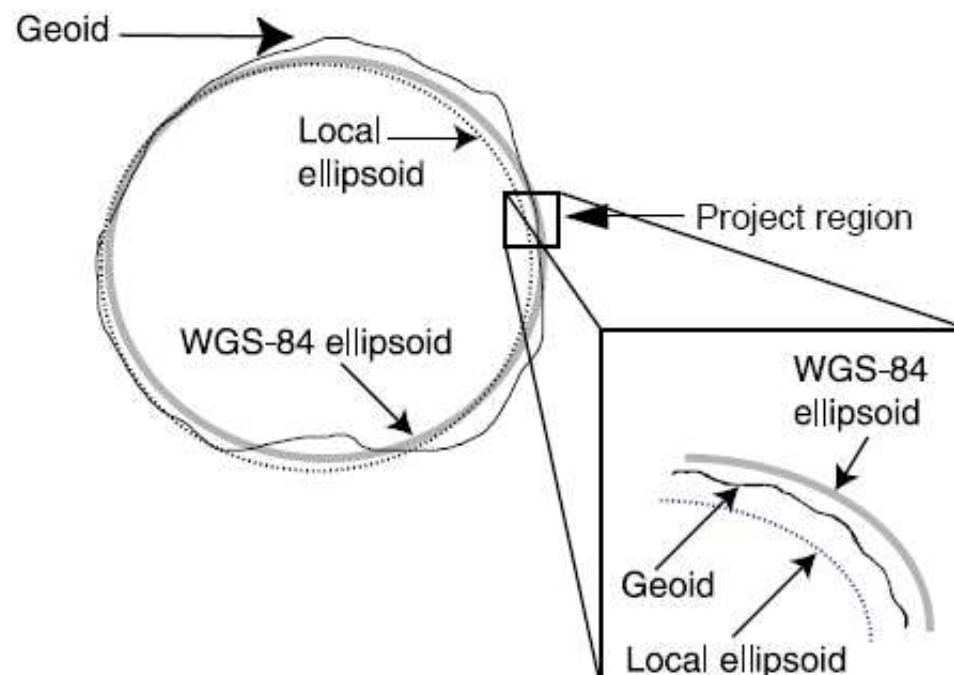
Datum:

- El tamaño y forma de la tierra pueden ser trazados a través de dos caminos.
- Un camino es ver el verdadero terreno de la tierra, completo con las superficies de agua, llanuras, colinas onduladas y montañas.
- El segundo camino es medir la gravedad.
- Los dos conceptos están combinados cuando se dice que un pico se encuentra a X metros sobre el nivel del mar.

# - REPRESENTACIÓN DE DATOS -

## GPS Sistemas de proyección de los datos

- Un geode es una representación de la superficie de la tierra sobre la cual la gravedad es constante, entonces el geode representa en promedio el nivel del mar.  
Datum:
- Un elipsoide puede ser trazado como una elipse rotada alrededor de sus ejes.
- El tamaño y forma del mejor ajuste elipsoidal difiere de un lugar a otro.
- Como resultado, muchos elipsoides han sido creados para ajustar al geode en diferentes partes del mundo.

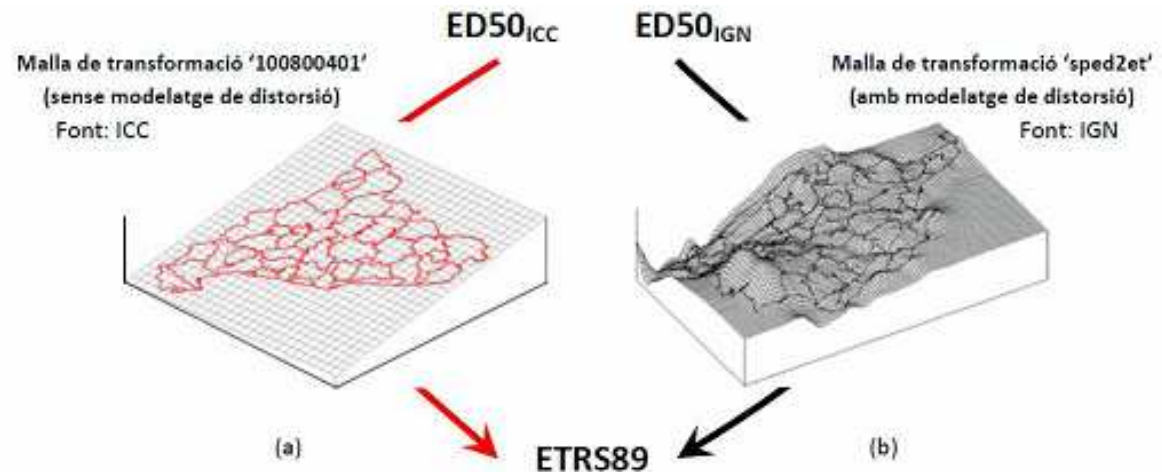


# - REPRESENTACIÓN DE DATOS -

## GPS Sistemas de proyección de los datos

Datum:

- El elipsoide elegido para el Global Positioning System (GPS) es el GRS-80 a nivel mundial.
- El datum que incorpora y que es usado por GPS es el denominado World Geodetic System 1984 (WGS-84).
- En Europa, el datum que se utiliza normalmente por ajustarse mejor al geoide es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System) con formato de posición UTM.



# - REPRESENTACIÓN DE DATOS -

## GPS Sistemas de proyección de los datos

Sistema de coordenadas:

- La representación esferoidal de la tierra se realiza en papel (plano) sin distorsión al que se convierten las medidas de Latitud y Longitud en Este y Norte se le denomina mapa de proyección.
- El mapa ideal representaría correctamente áreas, distancias, direcciones y formas.
- Sin embargo, esto no puede ser realizado ya que uno o más parámetros están siempre distorsionados.
- Siendo así, se debe elegir la proyección más adecuada a los propósitos que se tengan.

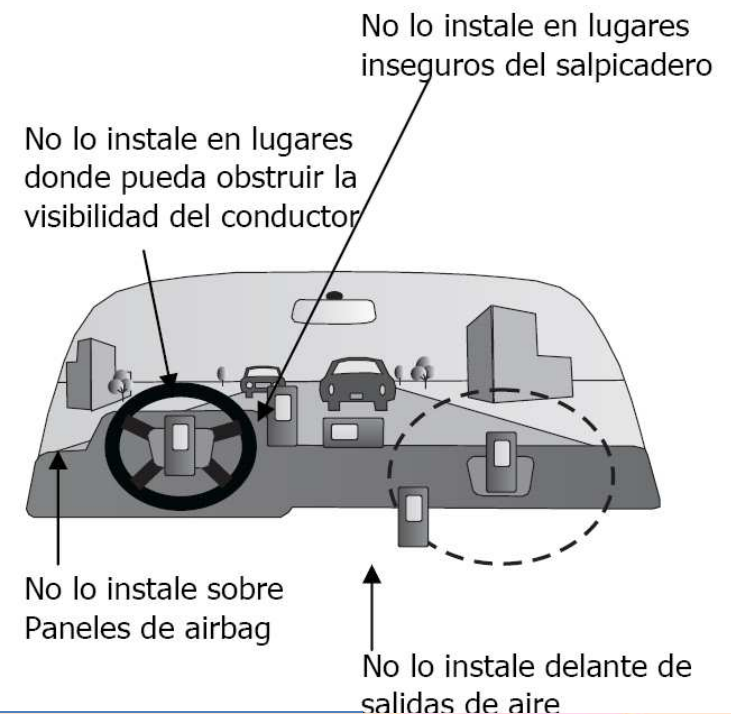




# - PREVENCIÓN DE RIESGOS -

## Advertencias de Riesgo del uso de GPS en el vehículo

- No instalar el GPS en lugares que reduzcan la **visibilidad del conductor**.
- No instalar el GPS sobre los **paneles del airbag**.
- No instalar el GPS en lugares desde los que se pueda **recibir algún impacto en caso de accidente o colisión**.
- El conductor debe mantener el control total de la **conducción sin distraerse** con el GPS.
- No manipular el GPS mientras se conduce. Toda **manipulación** debe ser realizada **antes de comenzar el viaje**.
- **Debe ser utilizado con prudencia**, como ayuda en viaje. No para propósitos que requieran una medida precisa de distancia, dirección, localización o topografía.



# - GPS -

## GPS Recepción de la señal

Antena:

- La antena de un receptor GPS puede ser interna o externa.

Antena interna:

- La antena interna suele tener una forma de sándwich constituida por dos pequeñas láminas cuadradas de cobre separadas por un material cerámico aislante de 4mm de espesor.
- Este tipo de antena es menos sensible que la helicoidal externa y para una óptima recepción de la señal de radio, tiene que estar paralela al suelo.



# - GPS -

## GPS Recepción de la señal

Antena externa:

- La antena externa es del tipo helicoidal y consta de cuatro conductores paralelos de cobre girados ligeramente formando una hélice.
- Este tipo de antena favorece la recepción de la señal GPS.
- Aunque es conveniente orientar la antena hacia el cielo para tener una óptima recepción de la señal de radio, este tipo de antena es más sensible en cualquier posición.

Es aconsejable el uso de una antena auxiliar externa conectada al receptor GPS cuando la señal es débil, como ocurre en:

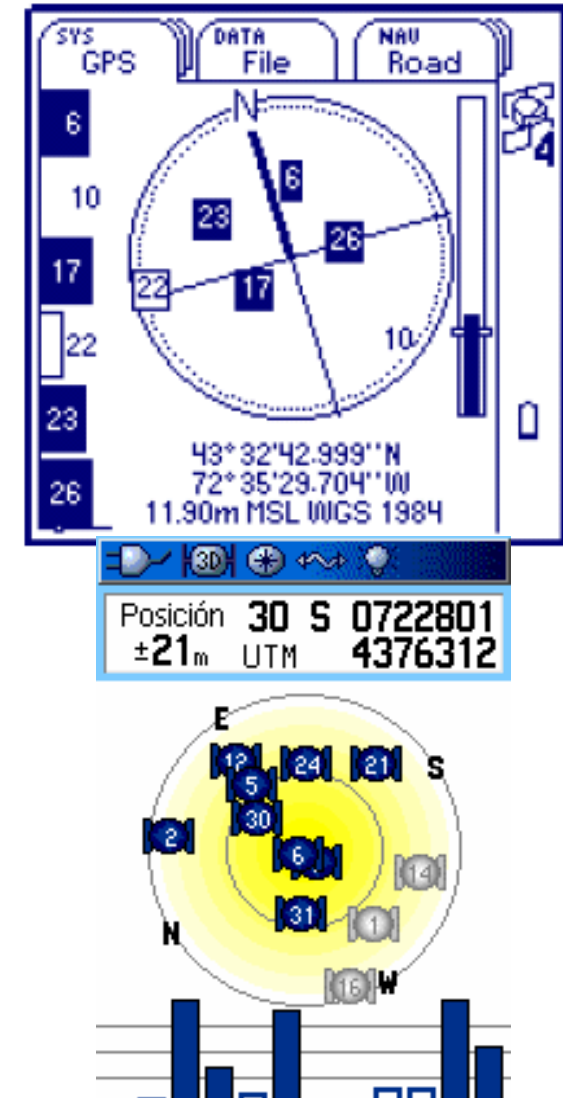
- El interior del vehículo debido a la mala recepción de la señal por el uso en ciertos modelos de cristales atérmicos.
- Lugares con elevada cubierta arbórea que disminuye la intensidad de la señal.

# - GPS -

## GPS Recepción de la señal

Interpretación del seguimiento de satélites:

- La longitud de la caja indica la fuerza de la señal.
- Las cajas rellenas de negro/color indican los satélites que están siendo usados para computar posiciones.
- Las cajas sin relleno (blancas) indican los satélites que están siendo seguidos pero no usados para computar posiciones.
- Los que no tienen caja son satélites que se encuentran disponibles pero no están siendo seguidos por el receptor de GPS.

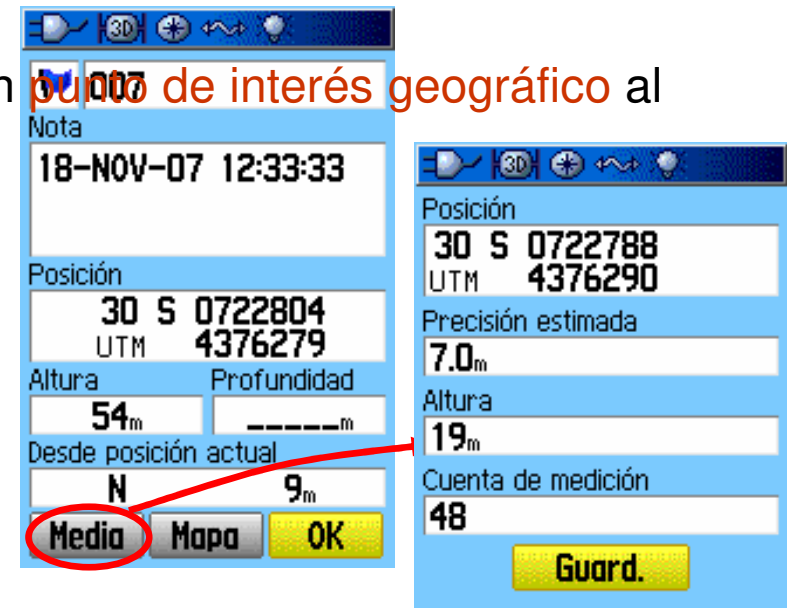


# - GPS -

## GPS Tipos de dato en medición

Waypoint:

- Son juegos de coordenadas que identifican un punto físico en el espacio.
- Esas coordenadas normalmente incluyen la longitud y la latitud (en ocasiones también la altitud, sobre todo para la navegación aérea) con un nombre y número asignado.
- Un waypoint **representa** usualmente algún punto de interés geográfico al cuál o desde el cual permite navegar.
- El número de waypoints que se pueden almacenar depende de cada unidad receptora de GPS.

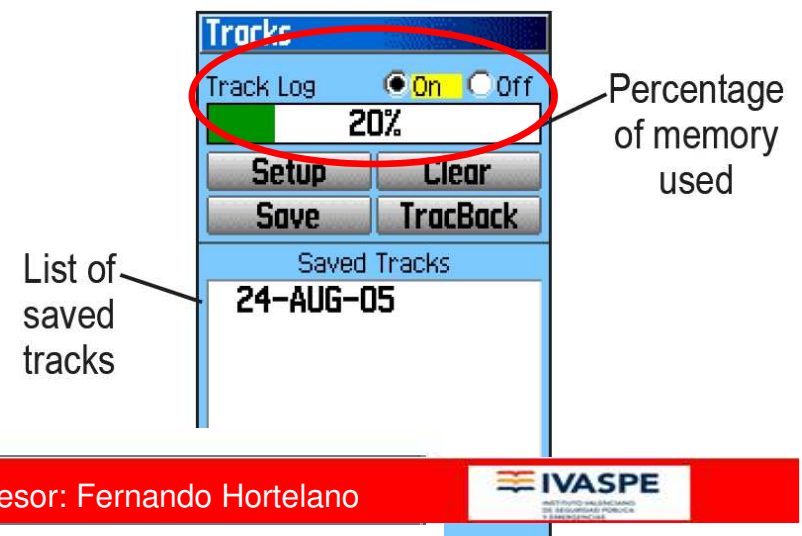


# - GPS -

## GPS Tipos de dato en medición

TrackLog:

- Se crea un sendero electrónico del recorrido transitado, que se realiza sobre la página del mapa de la pantalla a medida que el receptor de GPS se desplaza.
- Contiene información acerca de los puntos a lo largo de la ruta, incluyendo el tiempo, posición, altura y profundidad (requiere entrada NEMEA).
- Comienza a registrar tan pronto el equipo adquiere una posición de GPS. Agotada la memoria, se sobrescriben los datos.
- Si se guarda, aparecerá como Track que podrá volver a ser utilizado.

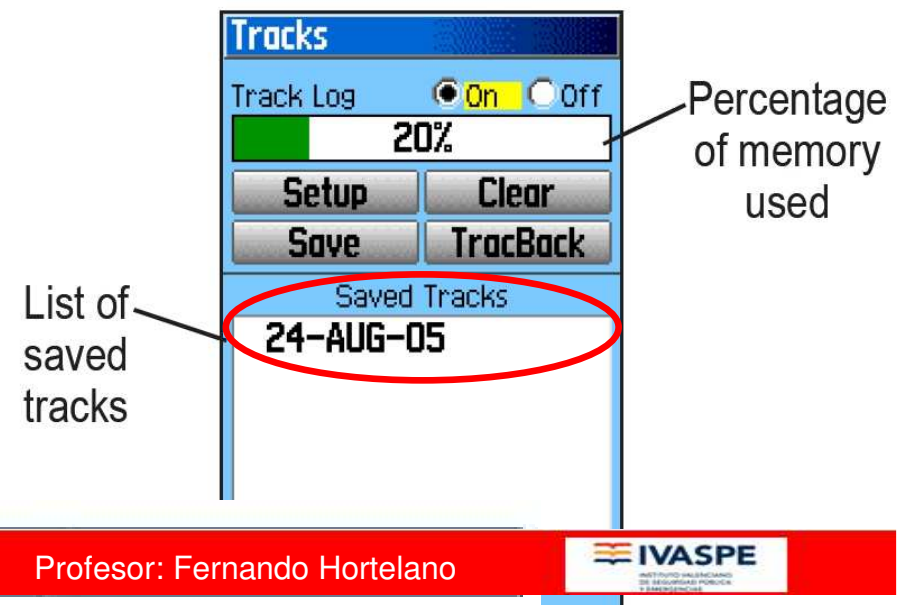


# - GPS -

## GPS Tipos de dato en medición

Track/TrackBack :

- Es la traza de un recorrido por el que se ha transitado y que se ha grabado en la memoria de la unidad de GPS.
- Una vez guardado, se puede volver a realizar ese mismo Track sin necesidad de marcarle WayPoints.
- Cuando se inicia una ruta TrackBack, ésta nos lleva de vuelta al punto más antiguo del Track.





# - GPS -

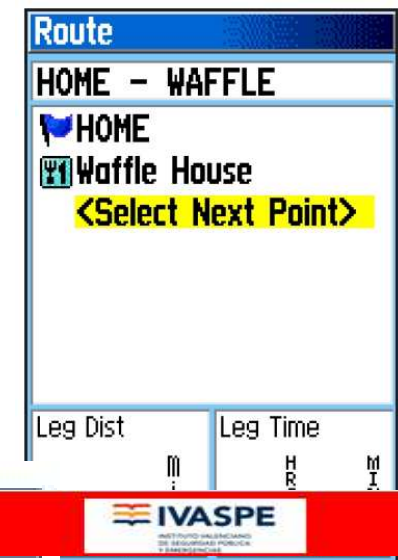
## GPS Tipos de dato en medición

Ruta:

- La navegación a través de rutas (**trayecto de un recorrido que pasa por una determinada serie de puntos**) queda definida mediante la creación de una **secuencia de waypoints previamente definidos** en el receptor de GPS.

- Una vez seleccionados los waypoints, el receptor de GPS calculará el camino más rápido para pasar por todos ellos.

- *OJO: Tener en cuenta el tipo de receptor de GPS. NO ES UN NAVEGADOR si no tiene bases de datos de mapas ni caminos; así pues, nos proyectará la vía en línea recta (CAMPO A TRAVÉS) ya que para el gps es la ruta más rápida.*



# - GPS -

## GPS Tipos de dato en medición

Polígono:

- Es una característica que se encuentra en receptores GPS profesionales a la hora de tomar datos de posición.
- En algunos receptores GPS no profesionales puede usarse el cierre del tracklog o del track guardado para realizar mediciones poligonales de superficie.

The image displays three screenshots from a GPS device interface:

- Left Screenshot: Saved Track**
  - Name:** 26-SEP-05 (labeled as Track name)
  - Distance:** 2.67<sup>m</sup> (labeled as Track distance)
  - Area:** 0.5 ac (labeled as Calculated area)
  - Color:** Dk Red (labeled as Track color)
  - Show On Map
  - Buttons: Delete, Map, TracBack, OK
- Middle Screenshot: Area Calculation**
  - Map showing a red track on a yellow background.
  - Labels: GARDNER, BONITA, OCHELTREE, SPRING HILL.
  - Scale: 3m.
  - Button: Start
- Right Screenshot: Area Calculation**
  - Map showing a track with points 005 and 004.
  - Scale: 120% overzoom.
  - Button: Start

# - GPS -

## Tipos de GPS

- Sin Mapa Base.
- Con Mapa Base.
- Con Mapa Base, que permite el uso de Cartografía específica.

