

Topografía Minera

Tema 7. Sistemas de posicionamiento global



Julio Manuel de Luis Ruiz
Raúl Pereda García

Departamento de Ingeniería Geográfica y
Técnicas de Explotación de Minas

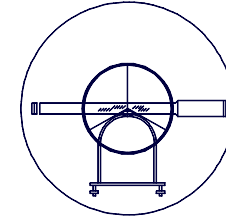
Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.1.- INTRODUCCIÓN A LA GEODESIA ESPACIAL.

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL.

7.3.- OBSERVABLES GPS.

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN.

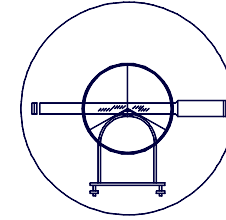
7.5.- EQUIPOS Y PRECIOS GPS.

7.6.- SUPUESTO PRÁCTICO.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

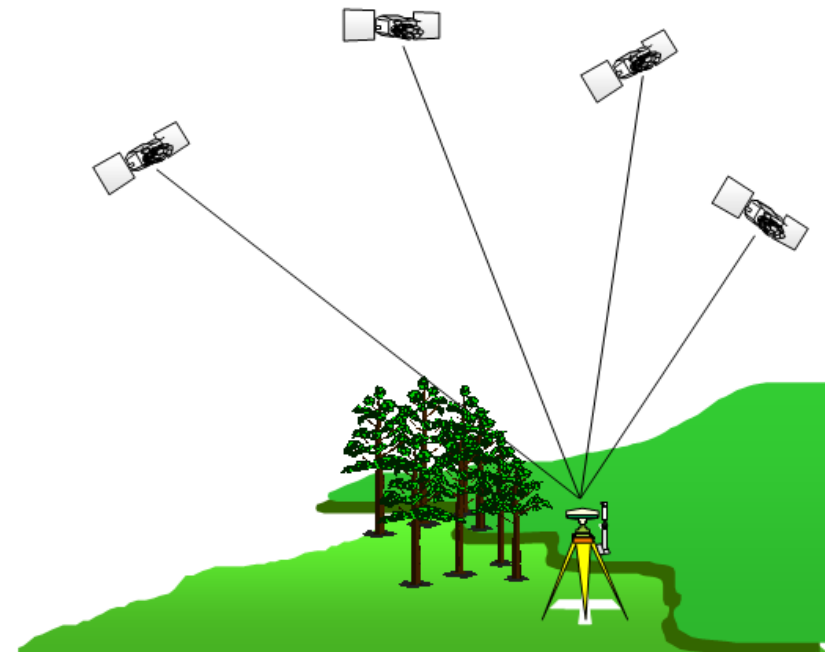
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

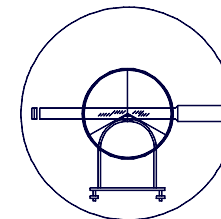
7.1.- INTRODUCCIÓN A LA GEODESIA ESPACIAL

7.1.1.- DEFINICIÓN DE GEODESIA ESPACIAL

GEODESIA ESPACIAL

Técnica que permite el posicionamiento de puntos en la superficie terrestre, basándose en la observación de señales, formadas por radiaciones electromagnéticas procedentes de satélites artificiales o naturales.



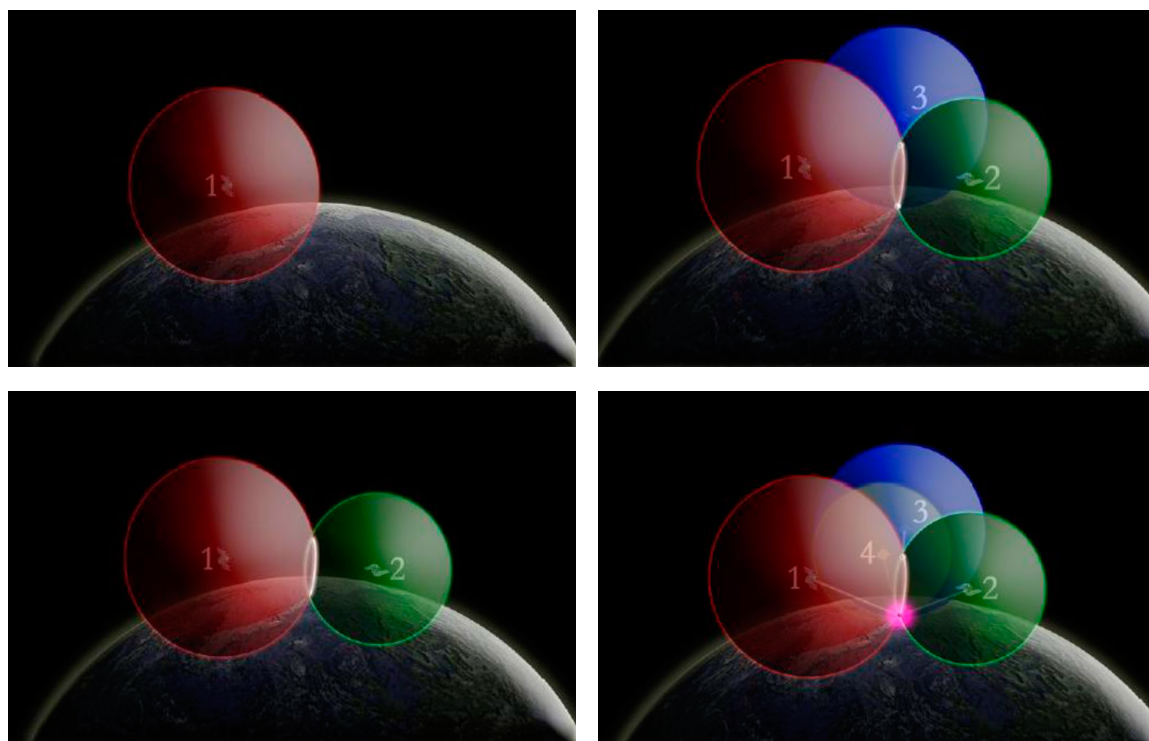


7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.1.- INTRODUCCIÓN A LA GEODESIA ESPACIAL

7.1.1.- DEFINICIÓN DE GEODESIA ESPACIAL

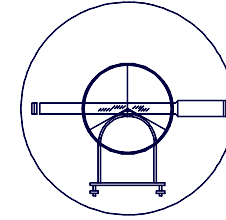
GEODESIA ESPACIAL





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.1.- INTRODUCCIÓN A LA GEODESIA ESPACIAL

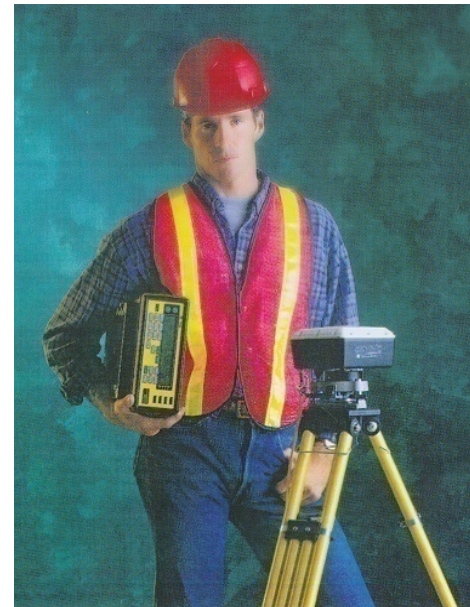
7.1.1.- DEFINICIÓN DE GEODESIA ESPACIAL

REQUERIMIENTOS

Equipo Clásico



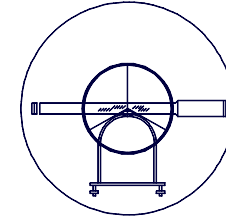
Equipo GPS





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.1.- INTRODUCCIÓN A LA GEODESIA ESPACIAL

7.1.1.- DEFINICIÓN DE GEODESIA ESPACIAL

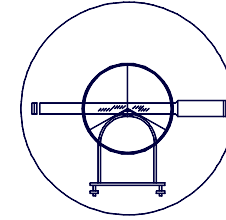
VENTAJAS GPS

- **No requiere visibilidad directa y permite visuales muy largas.**
- **Las observaciones no dependen del observador.**
- **Independencia relativa de las condiciones atmosféricas.**
- **Mejor precisión que en Topografía clásica en contextos amplios.**
- **Puede operarse día y noche.**
- **Más rápido y requiere menos personal.**
- **Sistema de coordenadas común.**
- **Mejores rendimientos y ventajas económicas.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.1.- INTRODUCCIÓN A LA GEODESIA ESPACIAL

7.1.2.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS

4 DE OCTUBRE DE 1957 (U.R.S.S.): SPUTNIK I

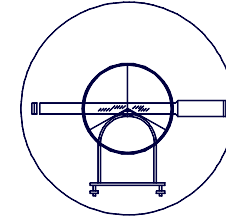
- **Peso: 83 kg.**
- **Orbita Excéntrica:**
 - **Altitudes entre 216 y 1136 Km.**
- **Sólo emitió durante 3 semanas.**
- **Periodo Orbital: 96 minutos.**





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.1.- INTRODUCCIÓN A LA GEODESIA ESPACIAL

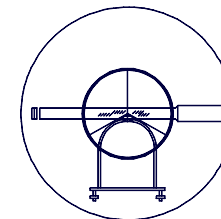
7.1.2.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS

PROYECTO: DEPARTAMENTO DE DEFENSA DE LOS EE.UU.

– OBJETIVO: Posicionar elementos militares con los siguientes condicionantes:

- **Independencia del lugar y del instante de la observación.**
- **Independencia de las condiciones ambientales y de visibilidad.**





7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

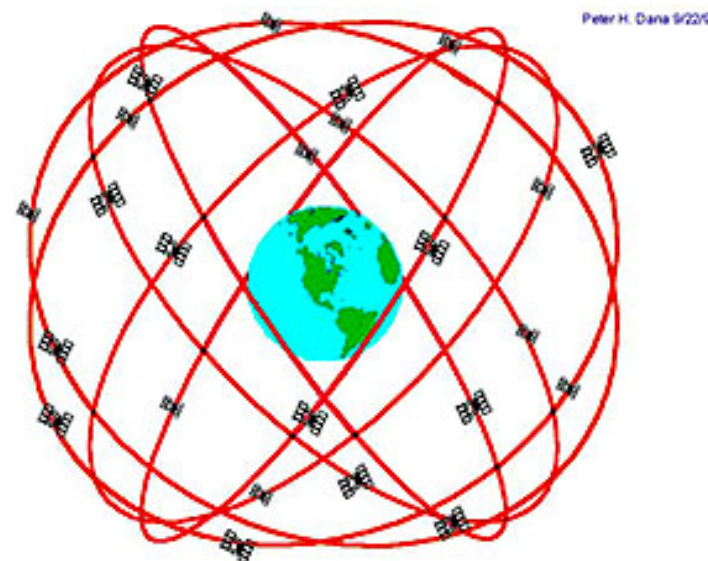
7.1.- INTRODUCCIÓN A LA GEODESIA ESPACIAL

7.1.2.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS

PRIMER SATÉLITE: FEBRERO, 1978

- **24 satélites.**
- **Dispuestos en 6 planos.**
- **Periodo orbital 12 h.**
- **Altitud 20.180 km.**
- **Peso aproximado 800 kg.**
- **Paneles solares 7,2 m².**
- **Osciladores atómicos**

ÚLTIMO SATÉLITE: ENERO, 1994

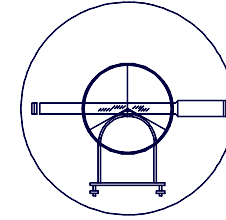


GPS Nominal Constellation
24 Satellites in 6 Orbital Planes
4 Satellites in each Plane
20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

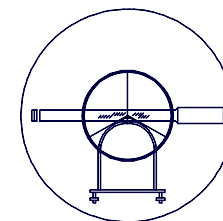
7.1.- INTRODUCCIÓN A LA GEODESIA ESPACIAL

7.1.3.- GENERALIDADES SOBRE SATÉLITES

Los satélites además de aplicación de permitir los posicionamientos en la superficie terrestre, tienen otras aplicaciones como:

- **COMUNICACIONES.**
- **METEOROLOGÍA.**
- **GEODESIA.**
- **ASTRONOMÍA.**
- **GEOFÍSICA.**
- **TELEDETECCIÓN.**





7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

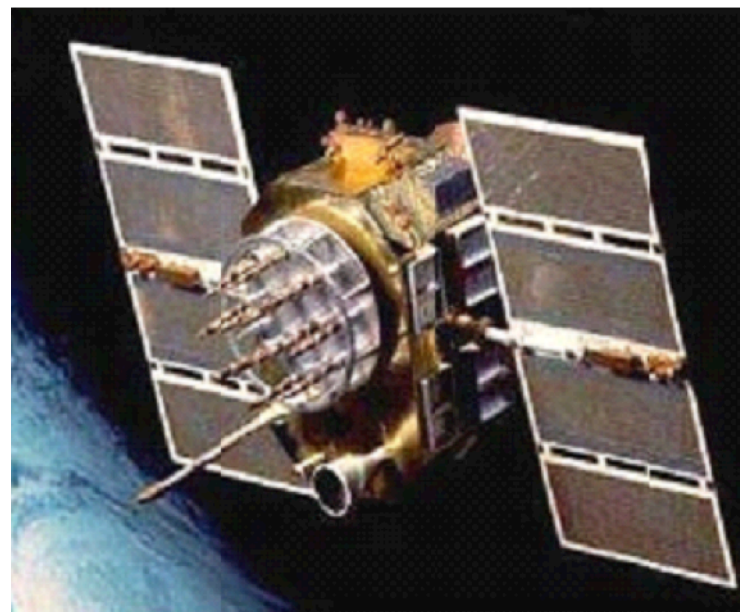
7.1.- INTRODUCCIÓN A LA GEODESIA ESPACIAL

7.1.3.- GENERALIDADES SOBRE SATÉLITES

SATÉLITE PASIVO



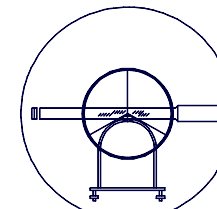
SATÉLITE ACTIVO





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.1.- INTRODUCCIÓN A LA GEODESIA ESPACIAL

7.1.3.- GENERALIDADES SOBRE SATÉLITES

POSICIONAMIENTO DE SATÉLITES

– Para conseguir el posicionamiento de un punto sobre la superficie terrestre es necesario conocer la posición de los satélites:

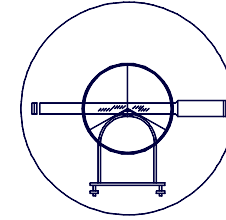
▪ EFEMÉRIDES.

– Las efemérides contienen las coordenadas de los satélites, dadas en sistema geocéntrico global WGS-84. y el error del oscilador de cada satélite.

```

* ORBIT FOR DAY 322, 1997
* INCLUDING PRECISE CODE CLOCKS (SMOOTHED CODE)
1 19017.204314 11205.286270 -14641.466306 32.773218
2 17933.834969 2020.858695 -19245.567473 -424.575142
3 -13269.414177 23063.278233 377.706560 72.213633
4 24078.589581 -6110.690876 9696.431198 57.346656
5 10264.027449 -23953.067381 -5232.362049 122.899520
6 -12109.128470 -9494.318370 21751.627580 -0.050710
7 18417.940070 -10069.786827 -15854.320970 766.731521
9 -6664.913944 -15119.928922 -20916.709944 -18.825187
10 4380.994433 -18320.531586 18699.984396 15.196873
13 18748.104831 -9791.944371 16141.023453 -23.319676
14 12083.012560 23609.902364 -262.845387 28.172842
15 8002.805775 14511.592691 -20974.288264 491.111081
16 17028.066883 17687.532772 10266.349825 36.702585
17 -34651.045522 -7221.440598 17380.590592 -125.806664
18 12701.177785 8975.527694 21299.167913 7.465391
19 23359.772897 6927.122013 10784.197777 309.241590
21 -1610.031598 -649.082450 -20592.993939 5.765568
22 -7957.239504 15091.241745 20157.546421 29.972118
23 -1791.7794257 -13791.492428 -13829.858867 6.177377
24 12370.643199 -12881.146828 19858.701102 785.622702
25 -22910.212891 8401.714201 10259.827435 -6.489863
26 3971.357164 -23175.460720 -11798.921702 -41.527662
27 26788.547859 -1716.109771 -1994.506575 8.060322
29 -12325.750230 23449.043942 787.726787 169.973773
30 -17510.264968 -17940.388171 8596.348906 -10.725969
31 -3118.442627 23188.797882 -12464.193322 0.065937
1997 11 18 10 0 0.00000000
1 -18290.513368 9536.864890 -16602.506578 32.777308
2 19062.800110 3905.790366 -17901.477172 -424.609289
3 -13417.183726 22751.523207 3199.184290 72.289175
4 25019.469120 -9399.517702 7034.459973 57.652584
5 -9607.991506 -24480.294282 -7915.443969 122.984635
6 -10866.225143 -11600.617046 21356.827466 -0.102785
7 17648.513907 -8239.022851 -17662.172165 760.785682
9 -4237.257812 -15243.266730 -21416.084623 -18.759779
10 5649.264202 -16502.487270 20017.479159 15.165100
13 17975.107456 -8007.455875 17910.351013 -23.529104
14 11785.210759 23554.920265 -3133.075003 24.189906
15 5609.431501 14504.396387 -21751.274187 491.114675
16 17340.600628 18683.433140 7657.322235 36.700857
17 -23444.280866 -7330.100931 9975.314400 -165.231974
18 11587.132483 11169.531716 20905.039486 7.368727
19 22023.089577 7316.600970 13082.964977 309.296600
21 -1753.809908 2644.212468 -19108.946256 5.740002
22 -9363.736121 13163.769956 20930.532775 29.783349
23 -18488.819290 -15178.409211 -11513.381102 6.060030
24 14510.719351 12818.921918 18371.690521 785.474822
25 -23953.084395 8163.364438 7676.956489 -6.453787
26 4792.707072 -24133.736445 -9289.853236 -41.605687
27 26823.286242 -1453.371864 1186.861754 7.845160
29 -12536.933186 23239.266923 -2060.047613 170.072807
30 -17732.782092 -18806.103613 5925.834075 -10.664890
31 -3917.999411 21206.860198 -10007.464537 0.055218
1997 11 18 10 30 0.00000000
1 -17558.279148 7647.763371 -18275.204930 32.829345
2 20175.874311 5591.839384 -16245.122889 -424.544483
3 -13452.041549 22159.604931 5965.877297 72.371092
4 25662.264195 -9796.772418 4252.966127 57.440375
5 -8752.203960 22800.990961 -10462.331407 122.984635
6 9761.438262 -13712.650698 20597.122336 -0.171706
7 16936.117705 -6206.213817 -15157.222612 760.640710
9 -18267.29212 -14948.992893 -21549.817971 -18.660206
10 7085.744226 -14648.588459 20990.165612 15.258125
13 17219.339135 -6019.722201 19373.138583 -23.428079
14 11310.232660 23248.898522 -5949.164674 24.080836
15 3153.472477 14633.403551 -22161.424104 491.118969
19 20462.654875 7805.024904 15158.592934 309.174238
21 19118.072601 4453.934853 -14076.657209 5.552138
22 -10899.053333 11256.352835 21338.439027 29.835335
23 -18985.114638 -16298.596840 -8998.437457 6.040079
24 14648.879853 -12856.576337 16573.158927 785.564483
25 -24711.421401 7936.005559 4980.239164 -6.576336
26 5438.660795 -24863.984959 -6616.128932 -41.714856
27 20564.465028 -2158.019175 3948.534585 8.003213
29 -12630.395458 22745.626777 -4472.049967 169.917050
30 -17820.938782 -19406.720207 3152.835022 -10.607304
31 -4547.094608 25002.503696 -7377.062822 -0.056096
EOP

```



7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

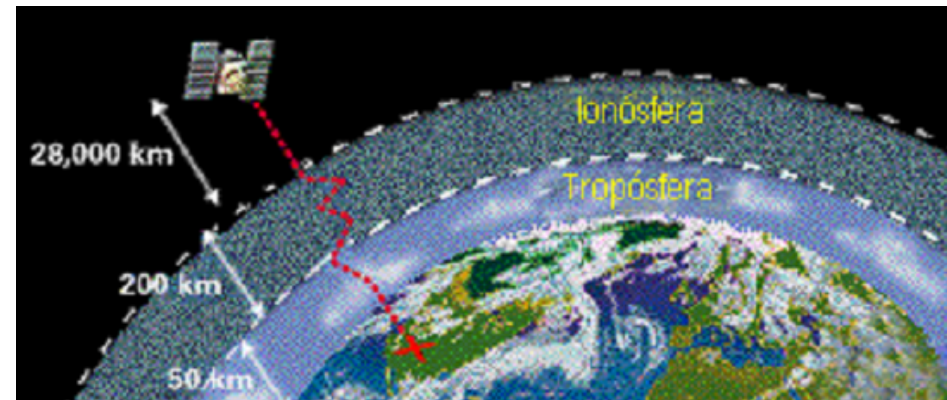
7.1.- INTRODUCCIÓN A LA GEODESIA ESPACIAL

7.1.4.- PROPAGACIÓN DE LAS EMISIONES RADIOELÉCTRICAS

- Una onda electromagnética que proviene del espacio antes de alcanzar el receptor debe atravesar tres zonas características:

VACÍO / IONOSFÉRA/ TROPOSOSFERA

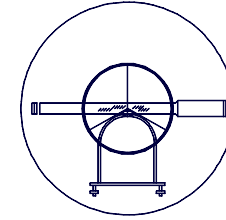
- **RETARDO:** incremento que sufre el tiempo de propagación de una señal electromagnética que atraviesa diferentes medios.





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.1.- INTRODUCCIÓN A LA GEODESIA ESPACIAL

7.1.4.- PROPAGACIÓN DE LAS EMISIONES RADIOELÉCTRICAS

RETARDO EN EL VACÍO

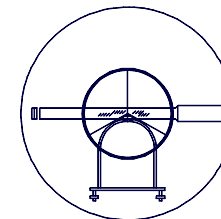
- **El Retardo en el vacío es prácticamente inexistente.**

RETARDO EN LA IONOSFÉRA

- **IONOSFÉRA ($100 < H < 1000$ Km.): las radiaciones solares ionizan las moléculas gaseosas liberando electrones.**
- **RETARDO** proporcional al número total de electrones libres encontrados por la señal en su camino, a igualdad de condiciones es función del cuadrado de la longitud de onda.



2 ns. < R < 50 ns.
0,6 m. < R < 15 m.



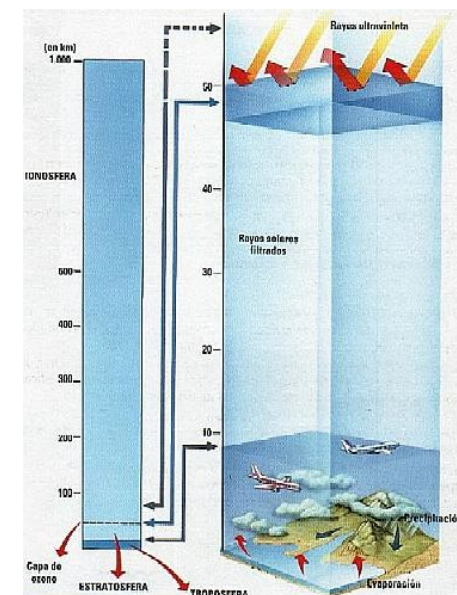
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.1.- INTRODUCCIÓN A LA GEODESIA ESPACIAL

7.1.4.- PROPAGACIÓN DE LAS EMISIONES RADIOELÉCTRICAS

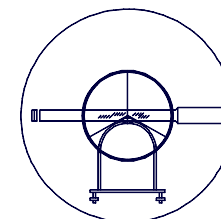
RETARDO EN LA TROPOSFÉRA

- **TROPOSFÉRA** ($0 < H < 100 \text{ Km.}$): es la última zona que produce retardo, llega hasta los 80-100 Km. Aunque sólo en los 40 Km más bajos se producen retardos significativos.
- **RETARDO** proporcional al estado de la propia troposfera, su temperatura y humedad.



$3 \text{ ns.} < R < 100 \text{ ns.}$

$0,9 \text{ m.} < R < 30 \text{ m.}$



7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.1.- INTRODUCCIÓN A LA GEODESIA ESPACIAL

7.1.4.- PROPAGACIÓN DE LAS EMISIONES RADIOELÉCTRICAS

TIPOLOGÍA DE LA SEÑAL EMITIDA

2 PORTADORAS:

L1 => 1.575,42 MHz ; $\lambda = 19,05$ cm.

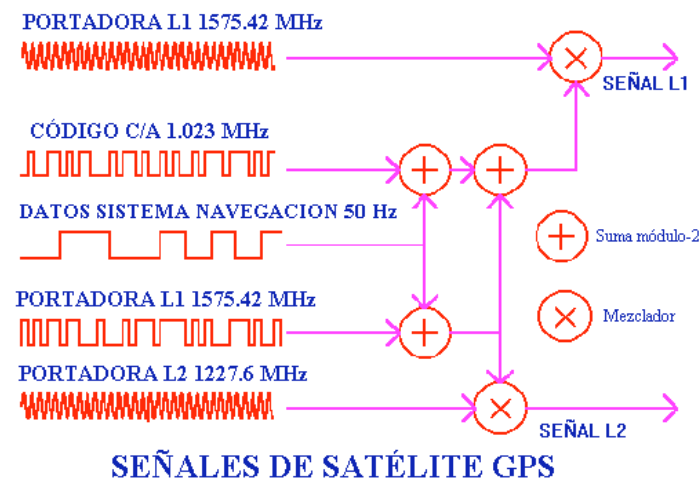
L2 => 1.227,60 MHz ; $\lambda = 24,45$ cm.

2 CÓDIGOS / 1 MENSAJE:

Frecuencia Fundamental 10,23 MHz

$$L1 = 154 \cdot 10,23$$

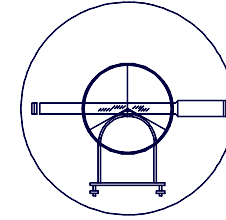
$$L2 = 120 \cdot 10,23$$





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

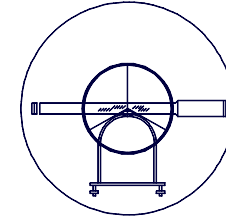
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.1.- INTRODUCCIÓN

Los sistemas de posicionamiento ESPACIAL más utilizados en la actualidad son:

- Satellite Láser Ranging SLR.**
- Very Long Baseline Interferometry VLBI.**
- Sistema Transit.**
- Sistema de Posicionamiento Global GPS.**



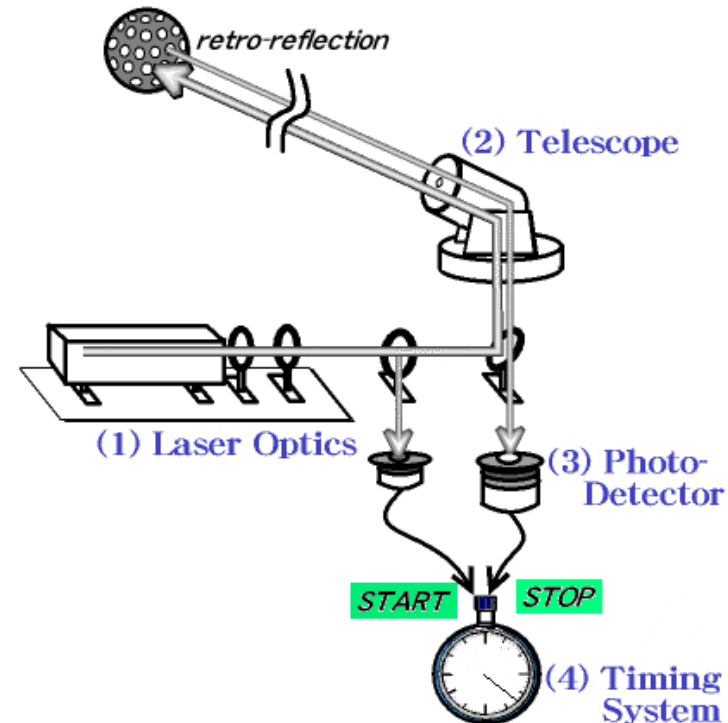
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.2.- SATELLITE LÁSER RANGING [SLR]

FUNDAMENTO

- Es un sistema de medida de distancia absoluta por láser a satélites, por tanto se basa en la medición de la distancia a un satélite en función del tiempo de tránsito de un “HAZ” tipo láser.

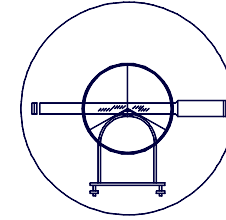
Satellite with corner cube reflectors





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

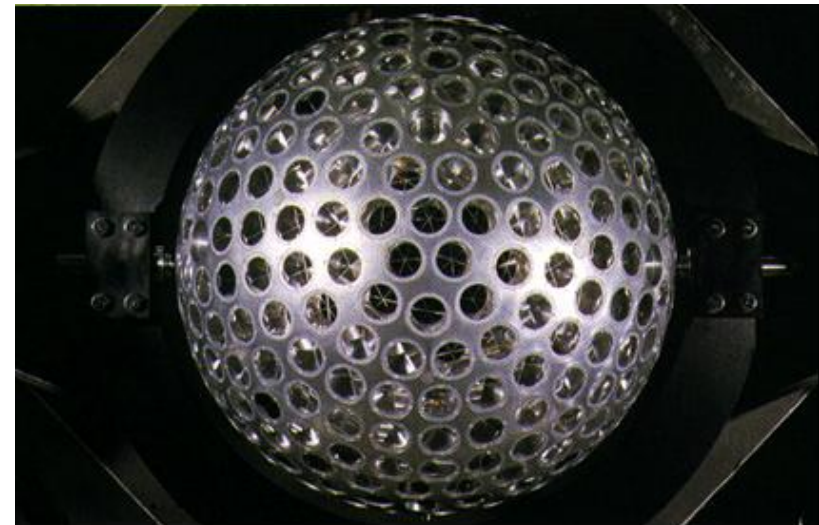
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.2.- SATELLITE LÁSER RANGING [SLR]

ANTECEDENTES

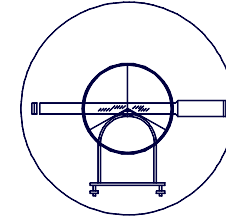
- El primer satélite fue el STARETTE, francés, lanzado en 1975. Existe una constelación más conocida: LAGEOS, así como otros como los ASIJAI y los ETALON.
- Los satélites, pasivos, son simples esferas recubiertas de prismas de reflexión total. También hay satélites mixtos multifunción utilizables en este sistema.





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.2.- SATELLITE LÁSER RANGING [SLR]

ANTECEDENTES

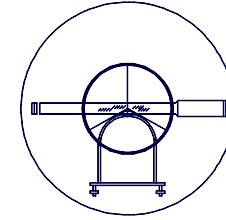
- El instrumento de estación consta de un potente láser pulsante, un reloj atómico, un contador, un fotodetector, la óptica necesaria, un ordenador y la estructura mecánica de estacionamiento y puntería.





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.2.- SATELLITE LÁSER RANGING [SLR]

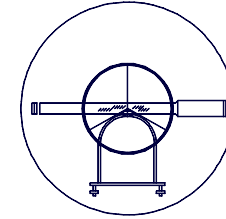
ANTECEDENTES

- El láser produce un pulso que es enviado al satélite, a la vez que se empieza a contar tiempo con el reloj atómico. Al llegar el retorno se detiene la cuenta. En función del tiempo de tránsito y la velocidad de la luz, se calcula la distancia. Las precisiones actuales rondan algunos centímetros.



**Existen unas 25 estaciones
fijas en el mundo.**

**Real Observatorio de la Marina
"San Fernando" (Cádiz)**



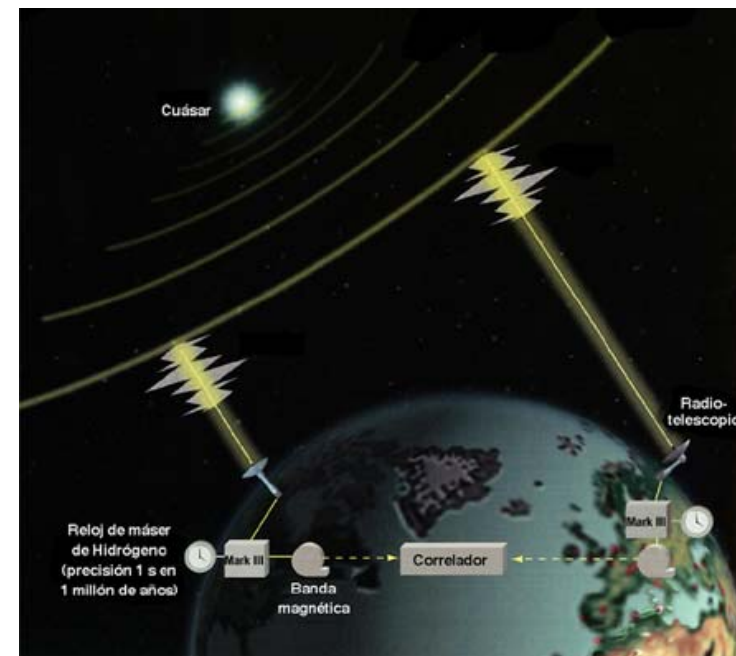
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.3.- VERY LONG BASELINE INTERFEROMETRY [VLBI]

FUNDAMENTO

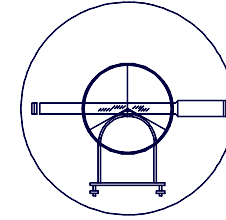
- La interferiometría de muy larga base (VLBI) está plenamente operativa y constituye el más preciso de todos los sistemas de posicionamiento.
- Este sistema permite medir el vector que une los centros radioeléctricos de dos o más, radiotelescopios dados sobre la superficie terrestre.





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

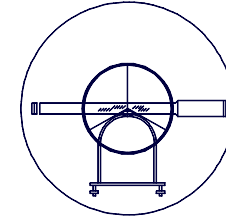
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.3.- VERY LONG BASELINE INTERFEROMETRY [VLBI]

FUNDAMENTO

- **Todos los métodos de posicionamiento por satélite pretenden fijar la posición de uno o más puntos sobre la superficie terrestre observando satélites con efemérides disponibles o estrellas existentes en la propia galaxia.**
- **Si se pretende aumentar la precisión, estos puntos de referencia empiezan a mostrar indeterminaciones, por lo que se precisa un marco de referencia más lejano y estable.**



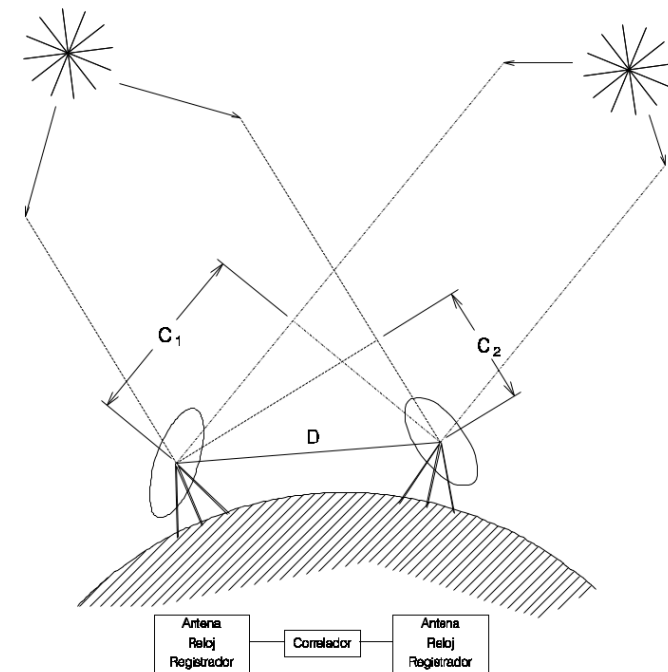
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

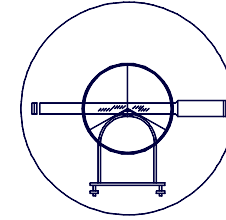
7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.3.- VERY LONG BASELINE INTERFEROMETRY [VLBI]

FUNDAMENTO

- Se basa en medida de radiofuentes muy lejanas: (galaxias, cuasares). La longitud de onda asociada puede variar de los 75 cm. a los 1,1 cm.
- Se coteja el tiempo de retardo de la señal entre dos radiotelescopios, pudiéndose determinar componente del vector que une los dos radiotelescopios en la dirección de llegada de la señal.





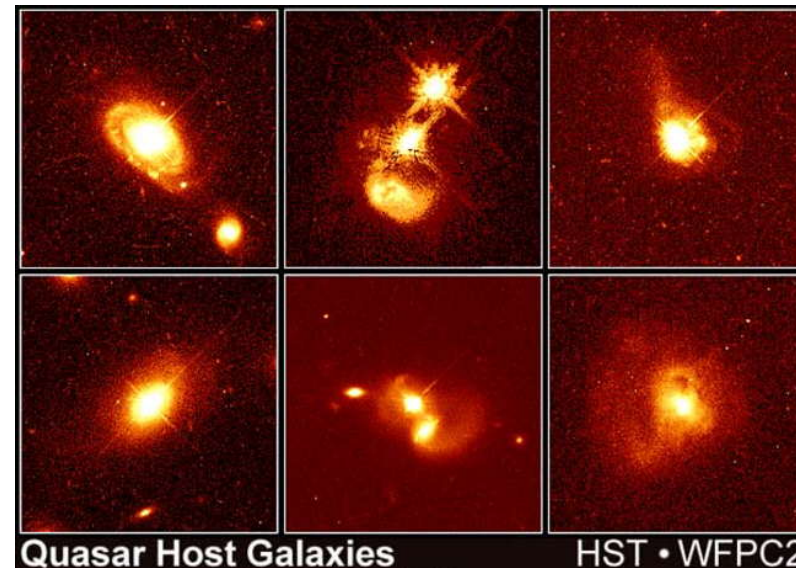
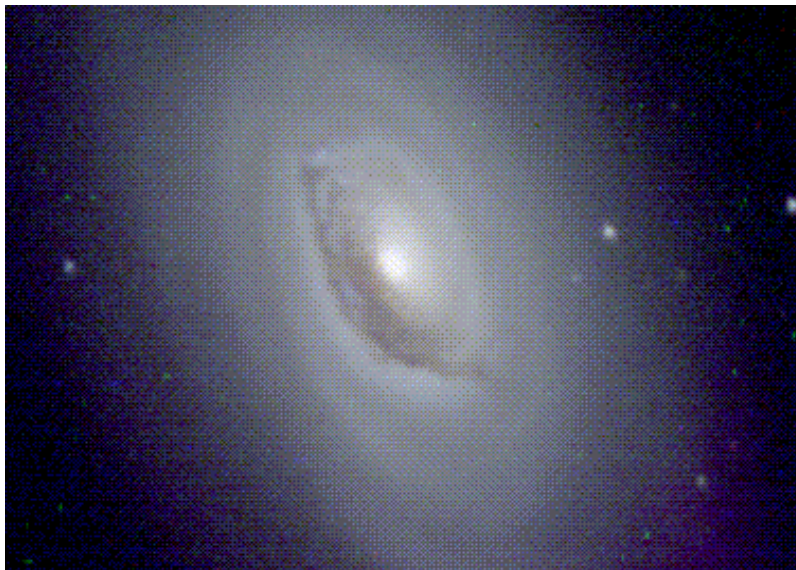
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

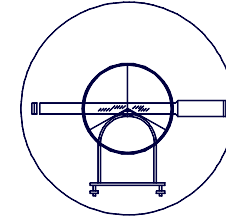
7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.3.- VERY LONG BASELINE INTERFEROMETRY [VLBI]

FUNDAMENTO

- **CUASARES: emisiones muy lejanas pero con intensidades hasta 100 veces superiores a la de una galaxia media.**





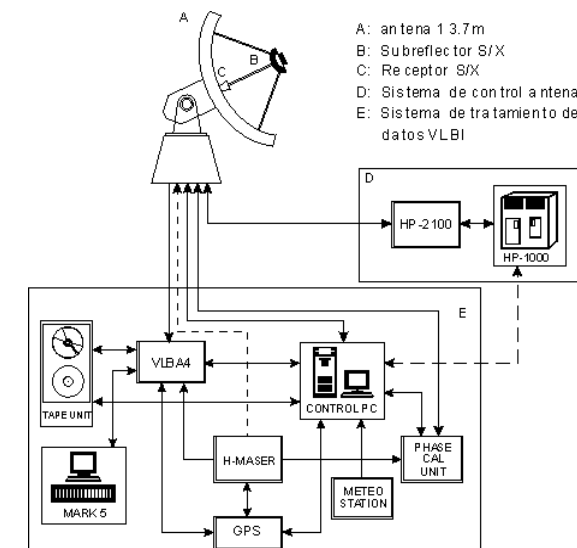
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.3.- VERY LONG BASELINE INTERFEROMETRY [VLBI]

FUNDAMENTO

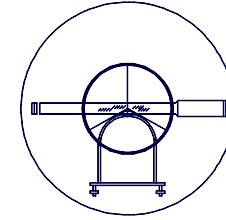
- La técnica se practica con al menos dos radiotelescopios, que se orientan hacia un cuasar concreto. La señal recibida es referida a un patrón atómico local y registrada digitalmente en soporte magnético.
- Ambos registros se correlacionan, pudiendo determinarse en cada momento el retardo entre la llegada del frente plano de la señal a un radiotelescopio y al otro. Este retardo permite establecer la componente del vector que une ambas estaciones.





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.3.- VERY LONG BASELINE INTERFEROMETRY [VLBI]

FUNDAMENTO

- Esta técnica permite el posicionamiento absoluto de puntos en la superficie terrestre más preciso de cuantos métodos existen en la actualidad. Entre sus aplicaciones geofísicas cabe citar el control de derivas continentales (precisión centimétrica), duración del día (precisión de milisegundos), etc.

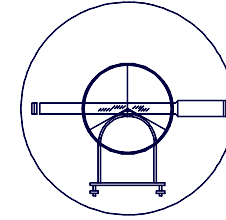


**ESTACIÓN ESPACIAL ROBLEDO DE CHAVELA (Madrid).
OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE YEBES (Guadalajara).**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

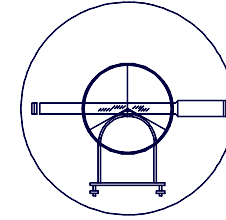
7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.4.- SISTEMA TRANSIT

FUNDAMENTO

- En lenguaje geodésico se denomina genéricamente **Sistema DOPPLER**, realmente es el sistema **NNSS (Navy Navigation Satellite System)** que utiliza los satélites norteamericanos de la constelación **TRANSIT** sobre los que se realizan mediciones de desplazamiento Doppler.
- Es el sistema antecesor a **GPS**, comenzó en 1958 tras el lanzamiento de 10 satélites. En 1967 se permite el uso civil estando en servicio 33 años. Por su parte la Unión Soviética desarrollo **CICADA**, que es un sistema muy similar.





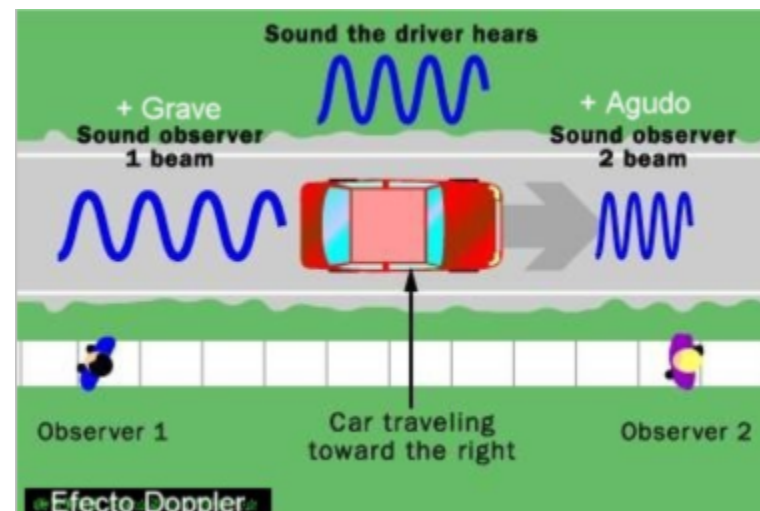
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

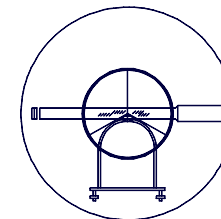
7.2.4.- SISTEMA TRANSIT

FUNDAMENTO

- El sistema funciona midiendo el desplazamiento o corrimiento Doppler, que es la variación aparente en el valor de la frecuencia, en función de la velocidad de acercamiento o alejamiento de la fuente emisora.

La frecuencia cambia según el punto en que se encuentre el observador. El ser humano lo reconoce de forma instintiva.





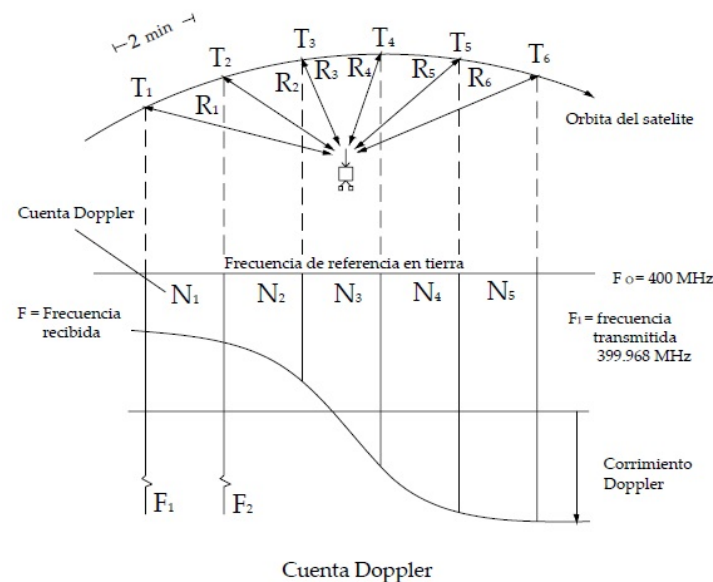
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.4.- SISTEMA TRANSIT

FUNDAMENTO

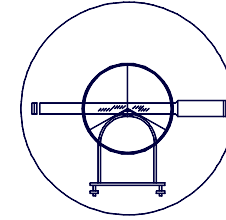
- Las medidas básicas que pueden realizarse, a partir de las señales transmitidas desde los satélites, son la distancia de la línea de visión directa observador-satélite y la velocidad de variación con el tiempo de esta distancia.
- La primera se obtiene del tiempo que tarde la señal en alcanzar al observador o el desfase que sufre la portadora, y la segunda del desplazamiento Doppler que sufre esta misma portadora.





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.4.- SISTEMA TRANSIT

FUNDAMENTO

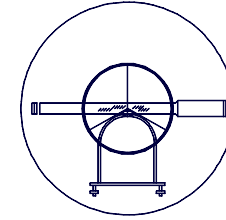
- La medida en un cierto instante o en un intervalo de tiempo de una de las dos magnitudes permite establecer una superficie en la que el observador (en el primer caso un esferoide y en el segundo un hiperboloide). Para establecer la posición del observador se requieren varias superficies cuya intersección genera la posición buscada.





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

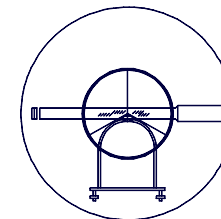
7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.5.- SISTEMA GPS

FUNDAMENTO

- Fue desarrollado para mejorar el sistema militar TRANSIT.
- Para ello se crea una nueva constelación NAVSTAR cuyo primer satélite se lanzó en Febrero de 1978 y finaliza en Enero de 1994.
- Desde el primer momento se pretende que tenga la misma funcionalidad que el sistema TRANSIT.





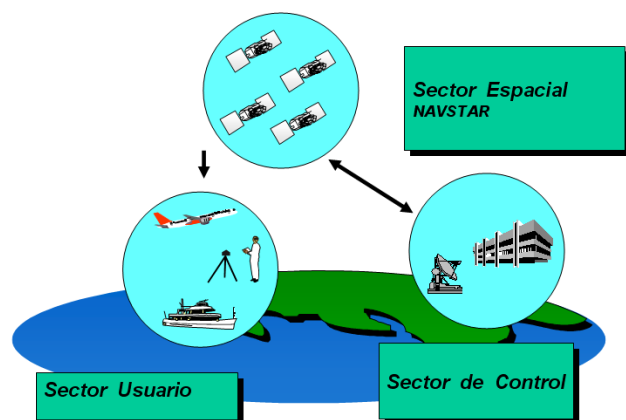
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.5.- SISTEMA GPS

CONSTITUCIÓN

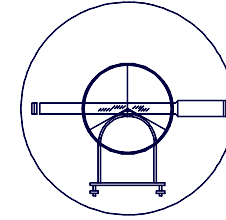
- **SECTOR ESPACIAL.**
- **SECTOR CONTROL.**
- **SECTOR USUARIO.**





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.5.- SISTEMA GPS

CONSTITUCIÓN: SECTOR ESPACIAL

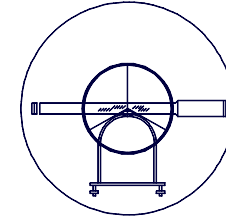
- Está conformado por la constelación de satélites NAVSTAR.
- La constelación esta formada por 24 satélites repartidos en 6 órbitas, desfasadas entre si 60° y la primera desfasada 55° respecto del ecuador habiendo 4 satélites por órbita.
- El sistema garantiza que sobre cualquier punto de la superficie terrestre siempre hay al menos 4 satélites por encima del horizonte.





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.5.- SISTEMA GPS

CONSTITUCIÓN: SECTOR ESPACIAL

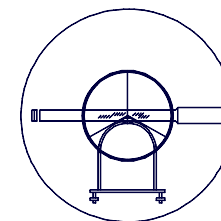
- Las órbitas son casi circulares, excentricidad menor que 0.02, con un semieje mayor de 26.000 km. y un periodo de 12 horas sidéreas.
- Se consideran cuatro familias de satélites que tienen un peso que oscila entre 400 y 930 Kg., emiten con una potencia entre 400 y 700 Watios y soportan hasta 180 días sin ningún tipo de control.





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

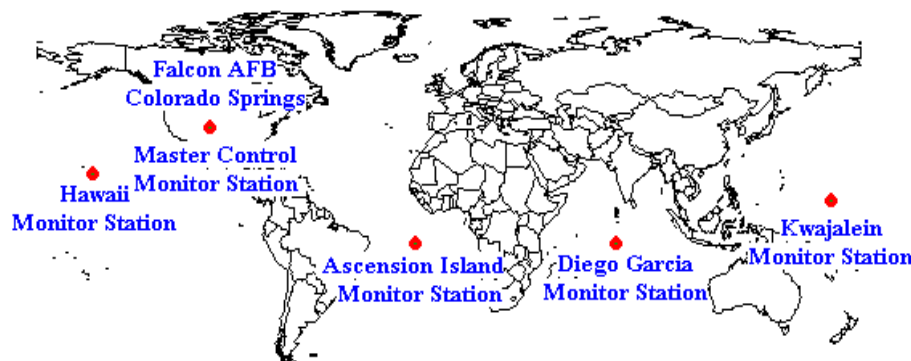
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.5.- SISTEMA GPS

CONSTITUCIÓN: SECTOR ESPACIAL

- Rastrean constantemente la red de satélites, determinando las efemérides y controlando las señales de los relojes.**



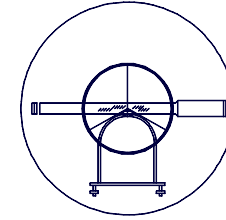
Global Positioning System (GPS): Estaciones Monitoras y Estación de Control

- Está conformado por CINCO Estaciones de Verificación.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

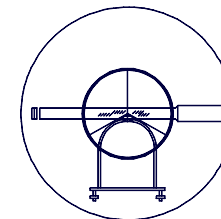
7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.5.- SISTEMA GPS

CONSTITUCIÓN: SECTOR ESPACIAL

- FUNCIONES BÁSICAS:

- **Control y mantenimiento del estado y configuración de la constelación de satélites.**
- **Predecir las efemérides y el comportamiento de los relojes de los satélites.**
- **Mantener la escala de tiempo del GPS (mediante relojes atómicos).**
- **Actualizar periódicamente el mensaje de navegación de cada uno de los satélites.**



7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

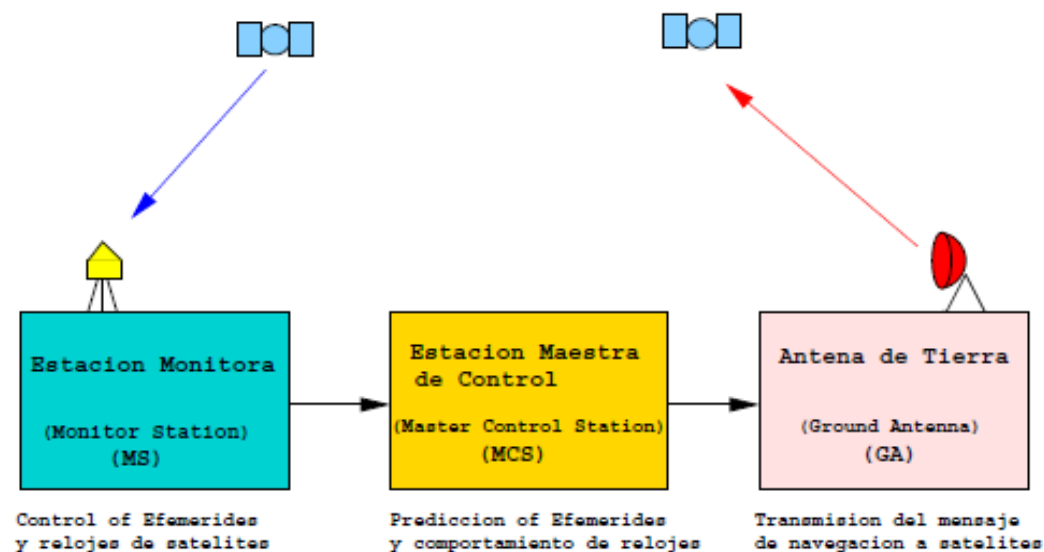
7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.5.- SISTEMA GPS

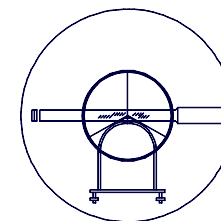
CONSTITUCIÓN: SECTOR ESPACIAL

- ESTACIÓN DE CONTROL:

- Responsable de obtener información de las estaciones de verificación, calcular la posición de los satélites, así como controlar los parámetros de los relojes.



Esquema del segmento de Control (fuente G. Seeber p. 215)

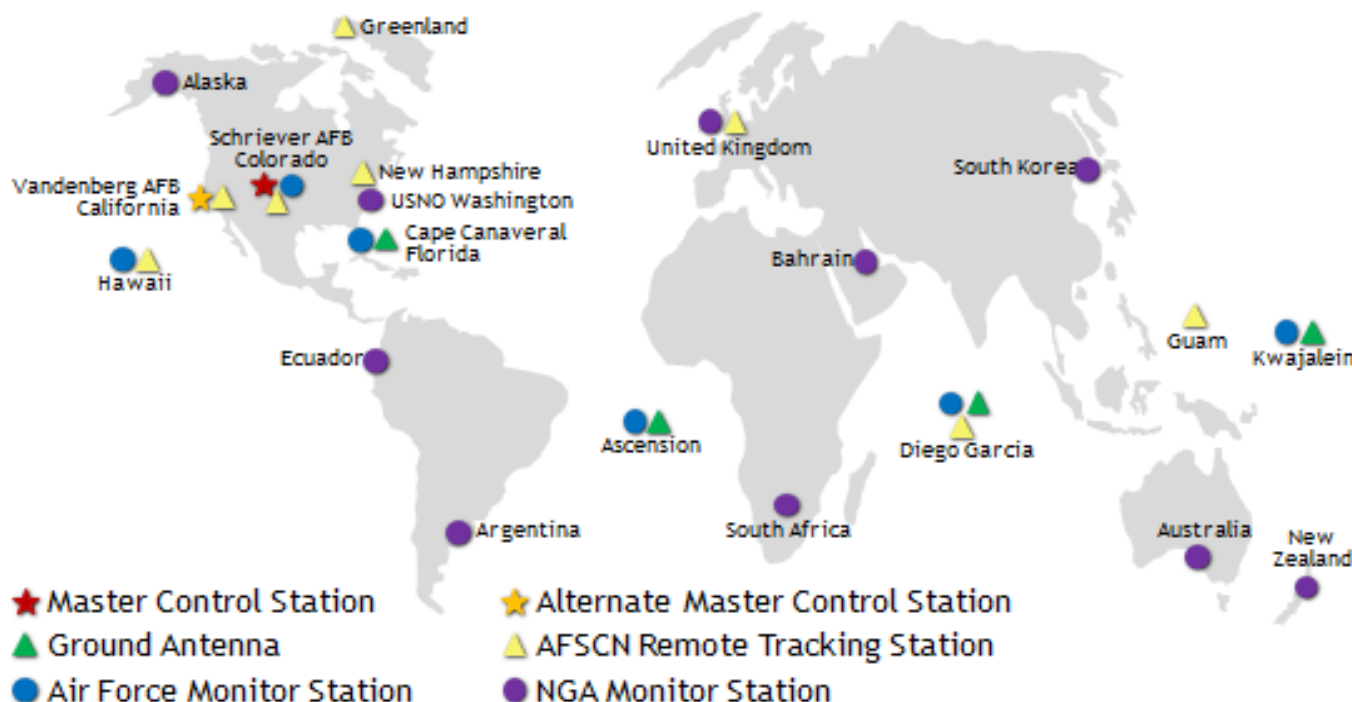


7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.5.- SISTEMA GPS

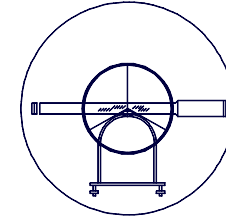
CONSTITUCIÓN: SECTOR ESPACIAL





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

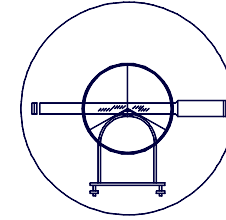
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

7.2.5.- SISTEMA GPS

CONSTITUCIÓN: SECTOR USUARIOS

- Se denomina así al conjunto de instrumentos que permite calcular las coordenadas de un punto, por medio de la recepción de las señales emitidas por la constelación de satélites Navstar.
- Dependiendo del uso que se pretenda dar al GPS, existen diferentes tipos de instrumentos, caracterizados por lo que son capaces de observar y a la larga, por la precisión que son capaces de producir.



7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

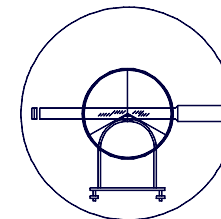
7.2.5.- SISTEMA GPS

CONSTITUCIÓN: SECTOR USUARIOS

– Los componentes básicos de un equipo GPS son:

- **Antena.**
- **Sensor.**
- **Unidad de control.**
- **Programa Base.**
- **Programa de Procesado.**
- **Fuente de alimentación.**





7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

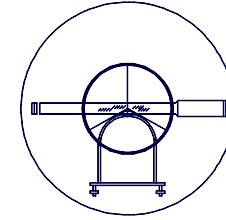
7.2.5.- SISTEMA GPS

CONSTITUCIÓN: SECTOR USUARIOS

– Algunos equipos típicos para ocio:

- <http://www.mundogps.es>
- <http://www.lacasadelgps.es>





7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

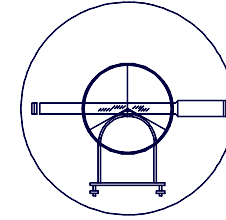
7.2.5.- SISTEMA GPS

CONSTITUCIÓN: SECTOR USUARIOS

– Algunos equipos típicos para SIG:

- <http://www.leica-geosystems.com>
- <http://www.trimble.com>





7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.2.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO ESPACIAL

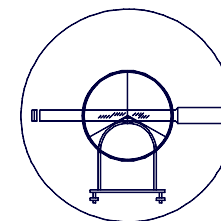
7.2.5.- SISTEMA GPS

CONSTITUCIÓN: SECTOR USUARIOS

– **Posicionamiento preciso: topografía, geodesia, etc.:**

- <http://www.leica-geosystems.com>
- <http://www.trimble.com>



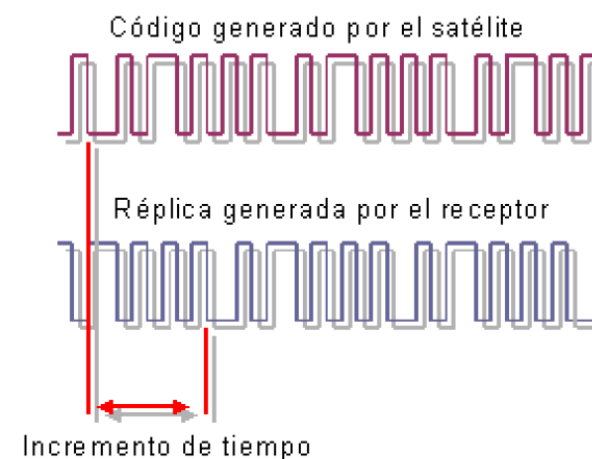


7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.1.- INTRODUCCIÓN

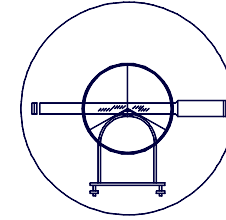
- La determinación de la posición de un punto mediante GPS se basa en la medida de la distancia entre el receptor y el satélite.
- El concepto de Observable GPS es una medida de dicha distancia derivada de la medidas de tiempo o la medida de fase.
- Dicha medida se basa en la comparación entre la señal recibida por el receptor procedente del satélite y la correspondiente réplica de dicha señal generada por el receptor.





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

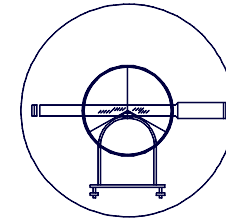
7.3.1.- INTRODUCCIÓN

- **La señal emitida se compone en dos ondas portadoras L1 y L2, con frecuencias 1575,42 MHz y 1227,60 MHz, múltiplos de una frecuencia fundamental 10,23 MHz, con una relación de 154 y 120 veces respectivamente.**
- **Sobre estas portadoras se modulan dos códigos y un mensaje:**
 - **Código C/A (course acquisition) “Standard Positioning Service (SPS)”, de uso civil.**
 - **Código P (precisión), “Precise Positioning Service (PPS)”, para usuarios autorizados.**
 - **Mensaje de navegación, orbitas, correcciones del reloj y otros parámetros.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.2.- SEÑAL EMITIDA POR LOS SATÉLITES

TIPOLOGÍA DE LA SEÑAL EMITIDA

2 PORTADORAS:

L1 => 1.575,42 MHz ; $\lambda = 19,05$ cm.

L2 => 1.227,60 MHz ; $\lambda = 24,45$ cm.

Frecuencia Fundamental 10,23 MHz

$$L1 = 154 \cdot 10,23$$

$$L2 = 120 \cdot 10,23$$

2 CÓDIGOS:

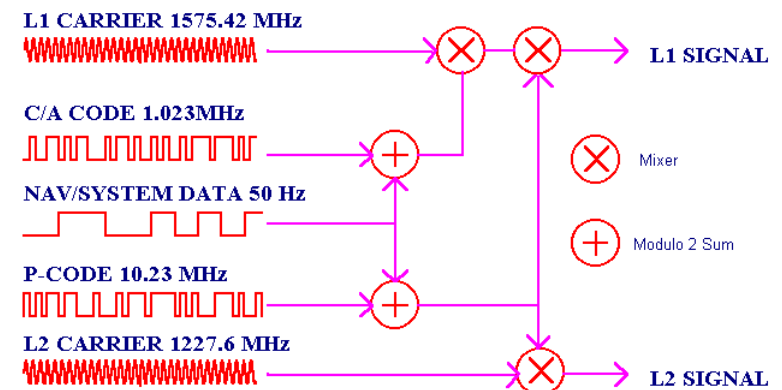
Frecuencia Fundamental 10,23 MHz

C/A => 1,023 Mbps

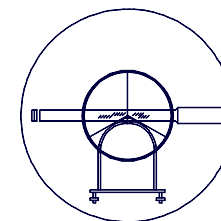
P => 10,23 Mbps

1 MENSAJE => 50MHz:

Frecuencia Fundamental 10,23 MHz



GPS SATELLITE SIGNALS



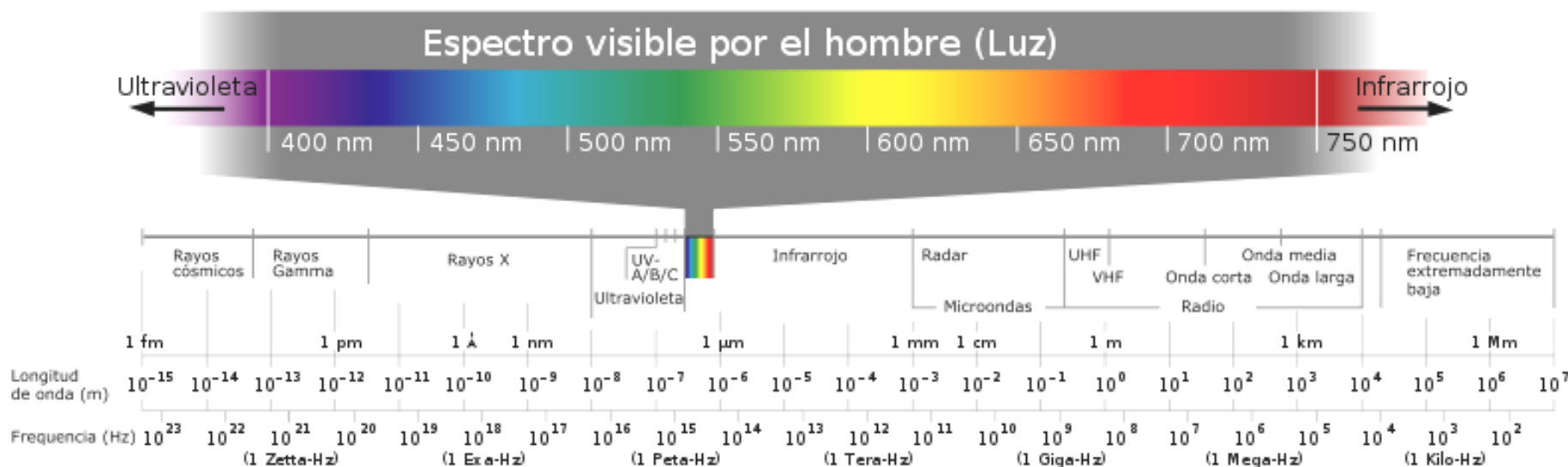
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

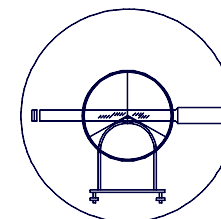
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.2.- SEÑAL EMITIDA POR LOS SATÉLITES

TIPOLOGÍA DE LA SEÑAL EMITIDA





7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

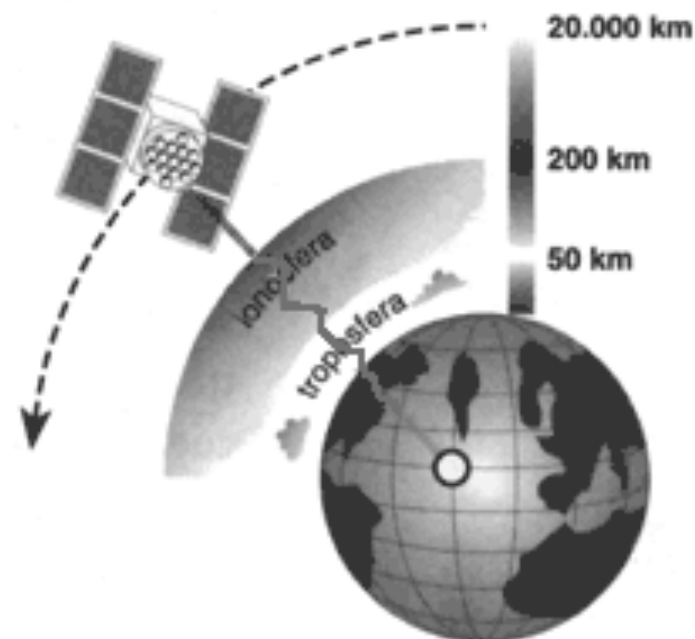
7.3.2.- SEÑAL EMITIDA POR LOS SATÉLITES

2 PORTADORAS:

L1 => 1.575,42 MHz ; $\lambda = 19,05$ cm.

L2 => 1.227,60 MHz ; $\lambda = 24,45$ cm.

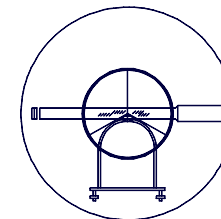
- Al emitir los satélites en dos frecuencias distintas permite al usuario cancelar una de las principales fuentes de error, la refracción ionosférica.**





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.2.- SEÑAL EMITIDA POR LOS SATÉLITES

CÓDIGO C/A: COARSE-ADQUISITION

- **Se modela sobre la L1, también llamado código civil:**
 - **Velocidad = 1,023 Mbps.**
 - **La secuencia se repite cada milisegundo ($\lambda = 293,1$ m).**

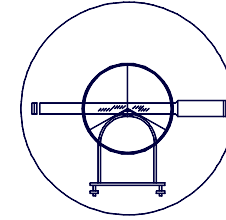
CÓDIGO P: PRECISIÓN O PROTEGIDO

- **Se modela sobre L1 y L2, también llamado código militar:**
 - **Velocidad = 10,23 Mbps.**
 - **La secuencia se repite cada 266 días ($\lambda = 29,31$ m).**
- **El propietario se reserva el acceso al código P: AS: anti-sppofing. Se combina con otro código secreto (W), emitiéndose el código encriptado Y.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.2.- SEÑAL EMITIDA POR LOS SATÉLITES

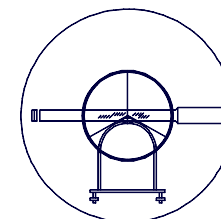
MENSAJE

- **Se repite cada 30 seg. e informa sobre el estado del reloj, efemérides del satélite, modelo ionosférico para usuarios monofrecuencia, estado del satélite, almanaque, etc. (Se modela sobre L1 y L2).**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

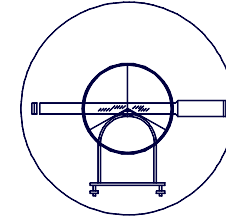
7.3.2.- SEÑAL EMITIDA POR LOS SATÉLITES

Frecuencia reloj atómico	$f_0=10.23$ MHz
Portadora señal L1	$154 \times f_0$
Frecuencia L1	1575.42 MHz
Longitud de onda L1	19.05 cm
Portadora señal L2	$120 \times f_0$
Frecuencia L2	1227.60 MHz
Longitud de onda L2	24.45 cm
Frecuencia código P (chipping rate)	$f_0=10.23$ MHz (Mbps)
Longitud de onda código P	29.31 m
Periodo código P	266 días, 7 días/satélite
Frecuencia código C/A (chipping rate)	$f_0/10=1.023$ MHz
Longitud de onda código C/A	293.1 m
Periodo código C/A	1 milisegundo
Frecuencia mensaje de navegación	50 bps
Longitud de una trama	30 segundos



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.2.- SEÑAL EMITIDA POR LOS SATÉLITES

RESTRICCIÓN DEL ACCESO A CIVILES

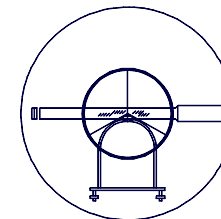
1. Técnica S/A o Selective Availability.

Degradación intencionada del reloj del satélite y manipulación de las efemérides.

➔ posicionamiento horizontal.

2. Técnica A/S o Anti-Spoofing, Encriptación del código.

➔ evitar el acceso a usuarios no autorizados.

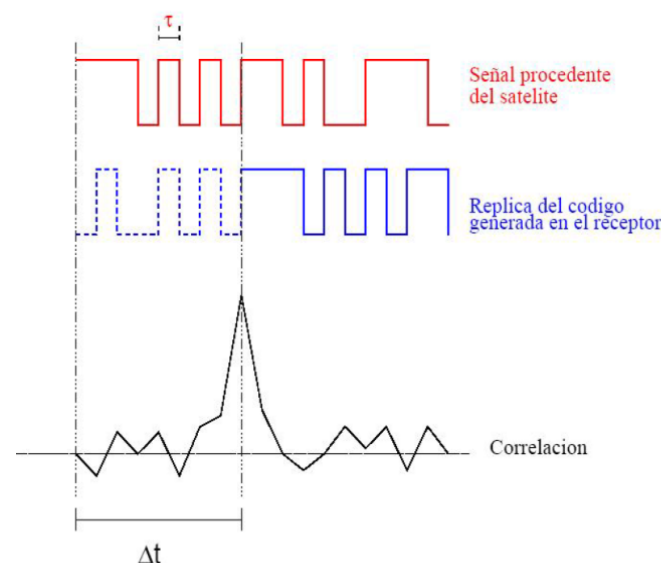


7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.3.- OBSERVACIÓN DE CÓDIGO

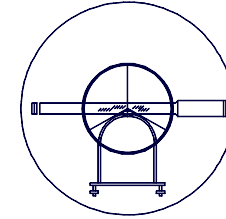
- Genéricamente el observable básico GPS (código) es el retardo o tiempo dT que tarda la señal desde el centro de la fase de la antena del satélite (instante de emisión) hasta el centro de la antena del receptor (instante de recepción).
- Correlando el código (P ó C/A) recibido por el satélite con una réplica del mismo generada por el receptor, se obtiene el tiempo de propagación dT , que a su vez proporciona la distancia “aparente” entre ambos,
 $D = c \cdot dT$.





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

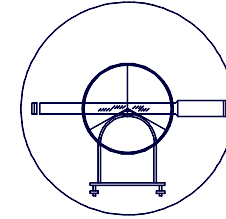
7.3.3.- OBSERVACIÓN DE CÓDIGO

- **Para realizar la comparación entre ambas señales, en el proceso intervienen dos relojes, el del receptor y el del satélite. Las distancias medidas estarán afectadas por los errores de dichos relojes, pseudodistancias o pseudorangos.**
- **La observación de Código, que en definitiva no es más que el observable de tiempo se puede hacer a través:**
 - **Medida del Código C/A modulado sobre la portadora L1.**
 - **Medida del Código P modulado sobre la portadora L1.**
 - **Medida del Código P modulado sobre la portadora L2.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

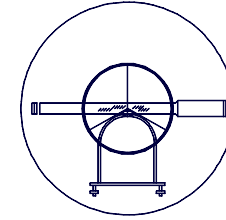
7.3.3.- OBSERVACIÓN DE CÓDIGO

- Para obtener las pseudodistancias a partir del código, el receptor genera una réplica de la señal emitida por el satélite y compara ambas mediante correlación (PRN). Se obtiene entonces un desplazamiento de la señal que se corresponde con el tiempo que tarda la señal en llegar del satélite al receptor.
- Llamando t_s a la lectura del reloj del satélite en el momento de la emisión (transmitido vía código PRN) y t_r a la lectura del reloj del receptor en el momento de la recepción, se podría obtener el tiempo de viaje de la señal del satélite al receptor como la diferencia de tiempos, si ambos tiempos estuvieran referidos al mismo sistema de tiempo y no tuviesen errores.
- En cuanto al mismo sistema de tiempo, el tiempo GPS, no se da la más mínima duda.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.3.- OBSERVACIÓN DE CÓDIGO

SISTEMA DE TIEMPO GPS

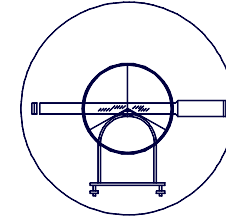
- Tiempo Atómico Internacional:

- **En 1967 quedó establecido el segundo como unidad de medida de tiempo atómico, definido como la duración, al nivel medio del mar, de 9.192.631.770 periodos de radiación correspondiente a la transición entre dos niveles hiperfinos del estado fundamental del Átomo de Cesio 133.**
- **Surge así el Tiempo Atómico Internacional (TAI) establecido por la Oficina Internacional de la Hora.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.3.- OBSERVACIÓN DE CÓDIGO

SISTEMA DE TIEMPO GPS

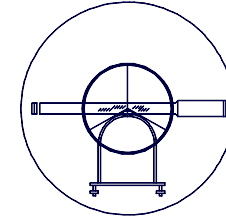
- Tiempo GPS:

- **Se denomina tiempo GPS al tiempo inyectado en los osciladores de los satélites de la constelación Navstar y es radiodifundido. Este tiempo es una escala muy estable que fue sincronizada con el TUC a las 0 h. del día 6 de Enero de 1980.**
- **Dado que el momento de la sincronización, el TAI difería del TUC en 19 seg., el Tiempo GPS es equivalente al TAI menos 19 seg. y así se mantendrá dado que ambas escalas son Atómicas y por lo tanto muy uniformes.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

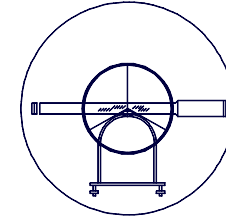
7.3.3.- OBSERVACIÓN DE CÓDIGO

SISTEMA DE TIEMPO GPS

- Tiempo GPS:

- **Los relojes u osciladores atómicos tienen las siguientes estabilidades:**

OSCILADOR (Tipo Material)	ESTABILIDAD (Segundos)
CUARZO	10⁻¹⁰
RUBIDIO	10⁻¹²
CESIO	10⁻¹³
HIDROGENO	10⁻¹⁴



7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

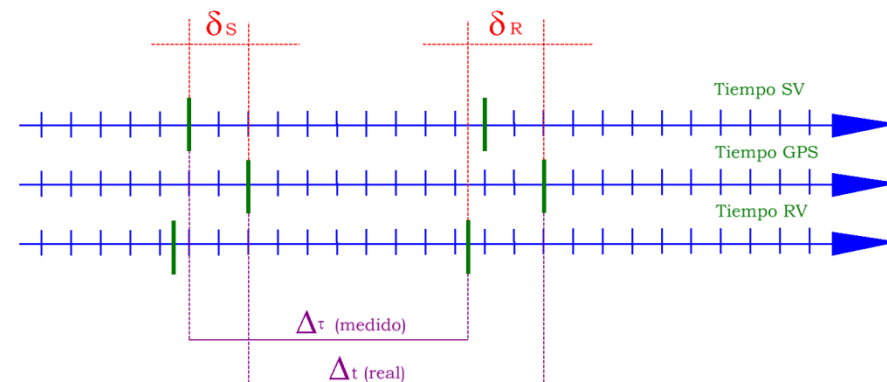
7.3.3.- OBSERVACIÓN DE CÓDIGO

- Otra cosa diferente son los errores de los relojes, en los cuales se producen retardos o adelantos respecto el sistema de tiempo GPS, habitualmente denominados estados del reloj.
- Llamando δ_S y δ_R a la diferencia entre las lecturas de los relojes del satélite y el receptor, respecto al sistema de tiempo GPS, respectivamente:

$$t_S = \tau_S + \delta_S$$

$$t_R = \tau_R + \delta_R$$

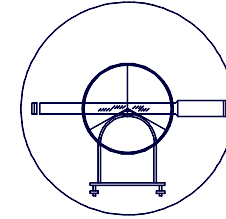
$$\Delta t = t_R - t_S = [\tau_R + \delta_R] - [\tau_S + \delta_S]$$





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.3.- OBSERVACIÓN DE CÓDIGO

- **Denominando retardo de tiempos real con errores:**

$$\Delta\tau = \tau_R - \tau_S$$

- **Y diferencia de errores con relojes:**

$$\Delta\delta = \delta_R - \delta_S$$

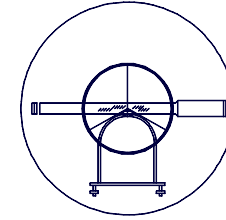
- **Se obtiene el retardo real:**

$$\Delta t = t_R - t_S = [\tau_R + \delta_R] - [\tau_S + \delta_S] = \Delta\tau + \Delta\delta$$



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.3.- OBSERVACIÓN DE CÓDIGO

- **El error del reloj del satélite se puede modelar mediante un polinomio a partir de los coeficientes transmitidos en la primera parte del mensaje de navegación de cada satélite:**

$$dt_j = a_0 + a_1(t - t_0) + a_2(t - t_0)^2$$

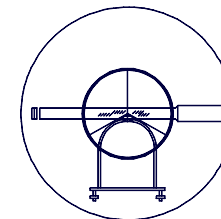
Donde:

- **a_1 = deriva del reloj (clock drift).**
 - **a_2 = evolución de la deriva (clock drift rate).**
 - **t_0 = tiempo del reloj de satélite.**
- **Si consideramos dicha corrección aplicada, la parte debida a los errores de los relojes se reduce simplemente al valor del error del receptor.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.3.- OBSERVACIÓN DE CÓDIGO

- Si se multiplica el intervalo de tiempo por la velocidad de la luz (c), se obtiene la distancia R buscada que depende de ρ la pseudo-distancia:

$$R = c \cdot \Delta t = c \cdot \Delta \tau + c \cdot \Delta \delta = \rho + c \cdot \Delta \delta$$

ρ es la distancia calculada a partir del tiempo real de viaje de la señal, es decir, corresponde a la distancia aparente entre la posición que tenía el satélite en el instante τ_S y la posición que tenía la antena en la época τ_R .

- Desarrollando en serie de Taylor respecto el instante de emisión t_S , se obtiene la expresión para cualquier época.

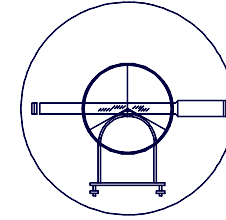
$$\rho = \rho(t_S, t_R) = \rho[t_S, (t_S + \Delta t)] = \rho(t_S) + \dot{\rho}(t_S) \cdot \Delta t$$

Siendo $\dot{\rho}$ la deriva de la distancia respecto al tiempo o la velocidad radial del satélite respecto de la antena del receptor.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.3.- OBSERVACIÓN DE CÓDIGO

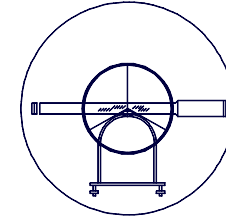
- **La precisión de una pseudodistancia a partir de medidas de código está entorno al 1% de la longitud del Chip (cada cuanto se repite el código), por lo que la precisión obtenida a partir de medidas de los códigos C/A y P son 3 m. y 0,3 m. respectivamente. Recientemente se ha demostrado que la precisión puede llegar a ser del orden del 0,1% de la longitud del chip, 30 y 3 cm. respectivamente.**
- **LONGITUD DEL CHIP:**
 - C/A (293 m.) => Equivale a 1 Microsegundo.**
 - P (30 m.) => Equivale a 1 Nanosegundo.**

El decorrelador es capaz de medir un 1% de esta cantidad (interpolación).



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.3.- OBSERVACIÓN DE CÓDIGO

- **Para obtener una ecuación de pseudodistancias más genérica, se debe tener en cuenta que la radiación electromagnética procedente del satélite atraviesa la atmósfera y por lo tanto sufre retardos debidos a la ionosfera y la troposfera:**

$$R = \rho + c \cdot \Delta\delta + D_{ION} + D_{TROP}$$

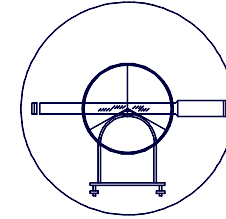
Donde:

- **El término ionosférico tiene un valor aproximado de 10 m. siendo igual en valor absoluto pero de signo opuesto para pseudodistancias y fases (en la fase se adelanta y el código se retrasa) al paso por la ionosfera y diferente para L1 y L2.**
- **En el término troposférico tiene un valor aproximado de 5 m. se comporta igualmente para el código y la fase.**
- **El paso de la señal a través de la atmosfera genera un retardo en el código, lo que se traduce en un aumento de la pseudodistancia.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.3.- OBSERVACIÓN DE CÓDIGO

- Esta ecuación es válida para cada satélite i para cada receptor j en cada una de las frecuencias L1 y L2 que se pueden obtener con el código C/A y P:

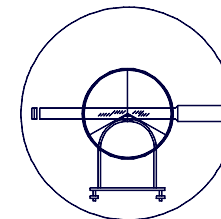
$$R = \rho + c \cdot \Delta\delta + D_{ION} + D_{TROP}$$

- Además de los errores mencionados se tienen en cuenta efectos relativistas, retardos instrumentales, efecto multicamino, etc. y la ecuación anterior se suele escribir como:

$$R_{jLK}^i = \rho_j^i + c \cdot \Delta\delta_j^i + D_{ION} + D_{TROP} + rel_j^i + K1_j^i + MP_j^i + \varepsilon_j^i$$

Donde:

- rel = representa el efecto relativista.
- $K1$ = representa retardos debidos a constantes instrumentales.
- MP = efecto multicamino.
- ε = ruido que contienen los efectos no modelados.

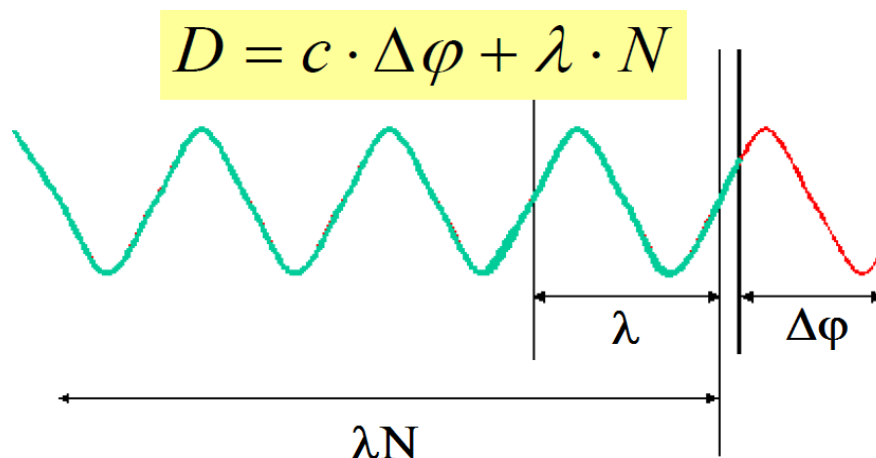


7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.4.- OBSERVACIÓN DE FASE

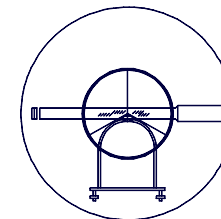
- El observable de fase es la diferencia entre la fase de la portadora recibida del satélite y la fase generada internamente por el oscilador del receptor.
- Estas medidas de fase no tienen en cuenta el número de ondas enteras que hay entre el satélite y el receptor.
- La distancia satélite-receptor esta relacionada con el número entero de longitudes de onda N y su fase.





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



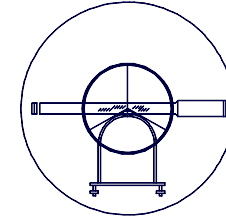
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.4.- OBSERVACIÓN DE FASE

- Sea $\zeta_S(t)$ la fase recibida de la portadora y $\zeta_R(t)$ la fase generada en el receptor para un tiempo de recepción t .
- La medida de diferencia de fase en el receptor es una función que varía en el tiempo $\zeta_R^S(t) = \zeta_S(t) - \zeta_R(t)$, desplazando la fase generada en el receptor $\zeta_R(t)$ para ir siguiendo la fase recibida del satélite $\zeta_S(t)$.
- Cuando la diferencia de fase aumenta o disminuye en un ciclo (2π), el observable de fase de la portadora $\zeta_R^S(t)$ también cambia en un ciclo.

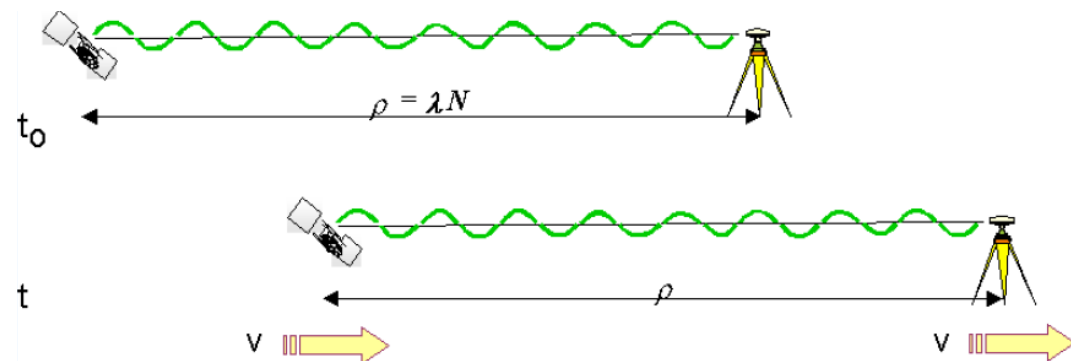


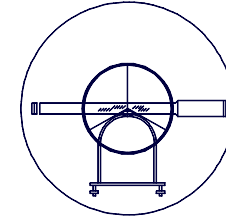
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.4.- OBSERVACIÓN DE FASE

- Para entender la diferencia de fase $\zeta_S(t) - \zeta_R(t)$ se considera un caso ideal en el cual:
 - El receptor y el satélite están muy próximos y sus relojes en perfecto estado.
 - Suponiendo que la fase generada en el receptor y la recibida del satélite son 0 en el tiempo t_0 .

- Entonces, ni el receptor ni el satélite se mueven, la medida $\zeta_S(t) - \zeta_R(t)$ se seguirá manteniendo a cero:



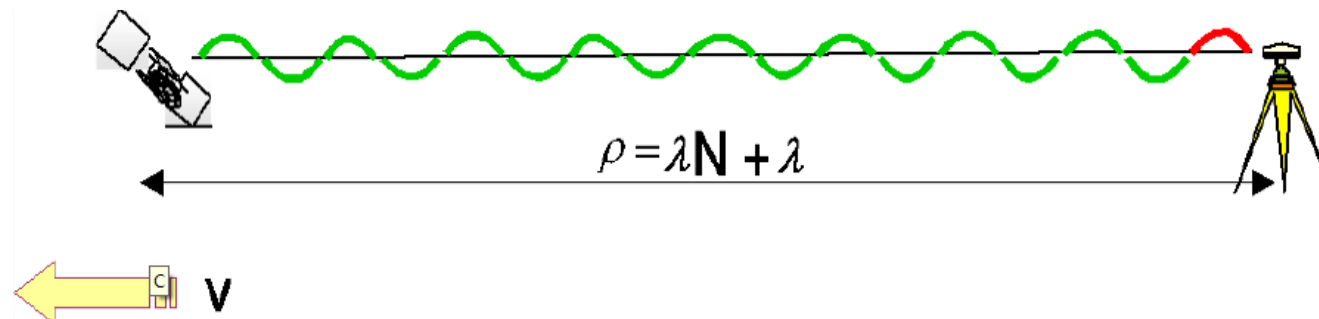


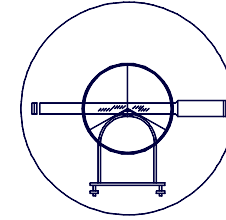
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.4.- OBSERVACIÓN DE FASE

- Suponiendo ahora que el satélite se aleja una λ en 1 segundo. En ese mismo segundo el receptor generará una (o media) onda interna extra y por tanto la medida $\zeta_S(t) - \zeta_R(t)$ será igual a 1.



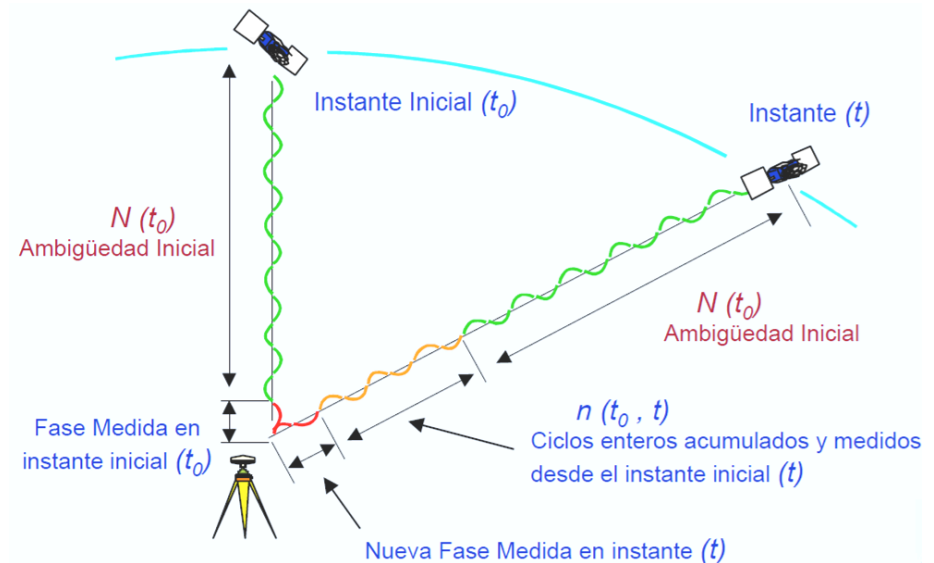


7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.4.- OBSERVACIÓN DE FASE

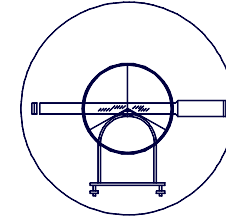
- Teniendo en cuenta la distancia satélite-receptor, en dos posiciones del primero, una vez fijado el satélite, el receptor evalúa ciclos y fracción de ellos, pero no puede determinar la Ambigüedad Inicial de la fase.
- Por tanto, un cambio en la fase observada, refleja un cambio en la distancia receptor-satélite, y el observable $\zeta_R^S(t) = \zeta_S(t) - \zeta_R(t)$ a lo largo del tiempo, es el observable de la fase de la portadora acumulada.





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

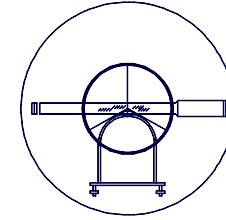
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.4.- OBSERVACIÓN DE FASE

- **En el instante inicial en que el receptor comienza a seguir la fase recibida del satélite, se desconoce el número entero de λ entre el satélite y el receptor. Esta incógnita es lo que se llama **AMBIGÜEDAD DE CICLO INICIAL (N)**.**
- **Una vez que el receptor sigue la fase recibida desde el satélite a partir de una época t_0 , la medida de fase acumulada consistirá en:**
 - **Una medida fraccional de la fase $Fr(n)$.**
 - **Una cuenta entera de ciclos $Ent(n, t_0, t)$ que varía en t y se mide.**
 - **Un número entero de ciclos desconocidos $N(t_0)$, ambigüedad de ciclo inicial (constante en el tiempo).**

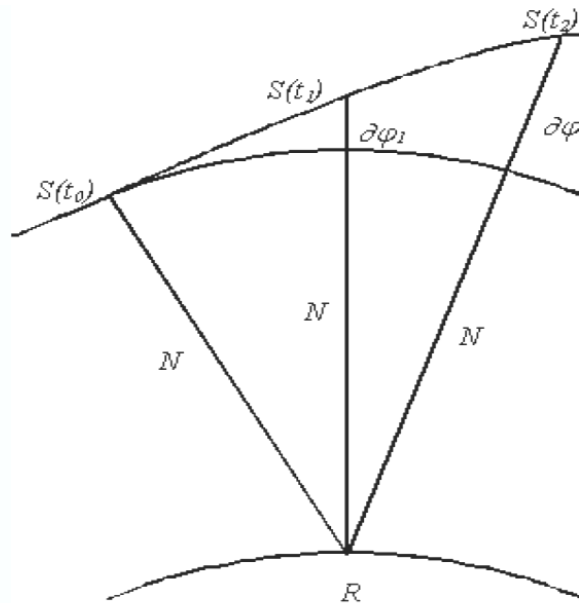
$$\varphi_R^S(t) = Fr(n) + Ent(n, t_0, t) + N(t_0)$$



7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.4.- OBSERVACIÓN DE FASE



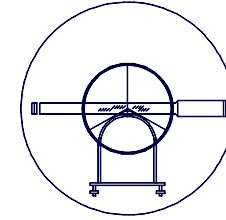
$$\varphi_R^S(t) = \underline{Fr(n) + Ent(n, t_0, t)} + N(t_0)$$

parte que mide el receptor



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

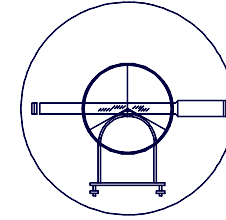
7.3.4.- OBSERVACIÓN DE FASE

- Esta $\zeta_S(t) - \zeta_R(t)$, diferencia de la fase depende del estado del reloj del satélite y del estado del reloj del receptor:
 - La fase generada en el receptor, $\zeta_R(t)$ estará referida al t medido por el reloj del receptor.
 - La fase de la señal generada y transmitida por el satélite y recibida en el receptor $\zeta_S(t)$, estará referida al tiempo medido por el satélite.
- Para un instante genérico t_g posterior, si se desea que ambos relojes del satélite y receptor estén sincronizados al tiempo GPS, habrá que introducir los correspondientes términos correctivos por estados de ambos relojes: δ_S y δ_R .



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.4.- OBSERVACIÓN DE FASE

- Si además se tiene en cuenta la ecuación de ondas $\zeta = \varphi t$ para referir todos los parámetros a ciclos (es como la del receptor), se obtiene:

$$\varphi_S(t_g) = \varphi_S(t) - f\delta_S \Leftrightarrow \varphi_R(t_g) = \varphi_R(t) - f\delta_R$$

- Reordenando términos:

$$\varphi_R^S(t_g) = (\varphi_S(t) - f\delta_S) - (\varphi_R(t) - f\delta_R) = \varphi_R^S(t) - (f\delta_S - f\delta_R)$$

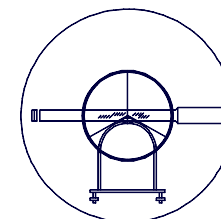
- Dado que:

$$f = \frac{c}{\lambda}$$



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.4.- OBSERVACIÓN DE FASE

- Por otro lado, la distancia r entre un satélite S y un receptor R en ese instante se puede escribir de la forma (en ciclos):

$$\rho_R^S \left(\frac{1}{\lambda} \right) = \varphi_R^S - \left(\delta_S \frac{c}{\lambda} - \delta_R \frac{c}{\lambda} \right) + n_R^S + N_R^S$$

- Expresada en ciclos, teniendo en cuenta que:

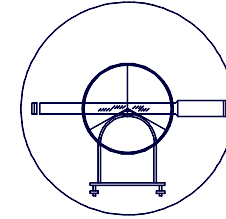
$$\lambda = c / f \rightarrow \text{Ejem : } \lambda_{L1} \approx 300.000 / 1575,42 \approx 19,04 \text{ cm}$$

- n_R^S es el número entero de ciclos contados desde que el receptor sigue la fase enviada por el satélite.
- N_R^S es la ambigüedad del ciclo inicial.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

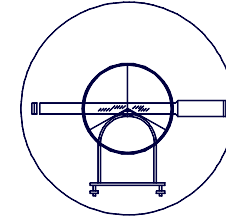
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.4.- OBSERVACIÓN DE FASE

- Para un instante genérico t_g la lectura de la fase en el receptor genera la fase ζ (parte fraccionaria) más el número entero de longitudes de onda o ciclos n que ha crecido (o decrecido) esta fase desde el instante inicial en que se mantiene el seguimiento al satélite.
- Lo que mide exactamente el receptor es:

$$\Phi_R^S(t_g) = \varphi_R^S(t_g) + n_R^S$$



7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.4.- OBSERVACIÓN DE FASE

- Sustituyendo en la ecuación para la distancia anterior se llega a otra expresión para la pseudodistancia de fase:

$$\rho_R^S \left(\frac{1}{\lambda} \right) = \Phi_R^S - \left(\delta_S \frac{c}{\lambda} - \delta_R \frac{c}{\lambda} \right) + N_R^S$$

- Suponiendo que el error del reloj del satélite se puede eliminar a partir de los datos de estado del reloj del mensaje de navegación y dejando las incógnitas a la derecha de la igualdad, resulta:

$$\Phi_R^S - \delta_S \frac{c}{\lambda} = \rho_R^S \left(\frac{1}{\lambda} \right) - \delta_R \frac{c}{\lambda} - N_R^S$$

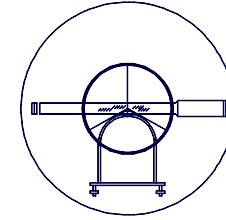
CONOCIDO

DESCONOCIDO



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.4.- OBSERVACIÓN DE FASE

- **Generalizando la ecuación para un receptor A y un satélite j en un instante t:**

$$\Phi_A^j(t) - \frac{c}{\lambda} \delta_j(t) = \frac{1}{\lambda} \rho_A^j(t) - N_A^j - \frac{c}{\lambda} \delta_A(t)$$

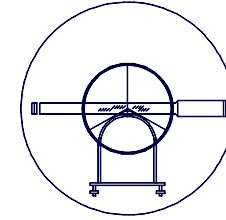
- **Agrupando los errores de los relojes ($\Delta\delta$) se puede expresar:**

$$\Phi = \frac{1}{\lambda} \rho + \frac{c}{\lambda} \Delta\delta - N$$



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.3.- OBSERVABLES GPS

7.3.4.- OBSERVACIÓN DE FASE

- **Incluyendo las correcciones retardo ionosférico y troposférico, expresados en ciclos, se obtiene la ecuación general de fase:**

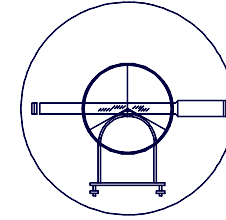
$$\Phi_A^j(t) - \frac{c}{\lambda} \delta_j(t) = \frac{1}{\lambda} \rho_A^j(t) - N_A^j - \frac{c}{\lambda} \delta_A(t) + d_{ion}^j(t) - d_{trop}^j(t)$$

- **Al contrario que las pseudodistancias de código:**
 - **El término troposférico es negativo ya que el paso de la señal a través de la troposfera genera un retardo de fase de la portadora recibida por el receptor.**
 - **En contra la ionosfera produce un adelanto de la fase.**
- **La fase se mide por el receptor con precisión de 0,01 ciclos lo que implica precisiones de 2mm (para L1, 19,04 cm/100).**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.1.- INTRODUCCIÓN

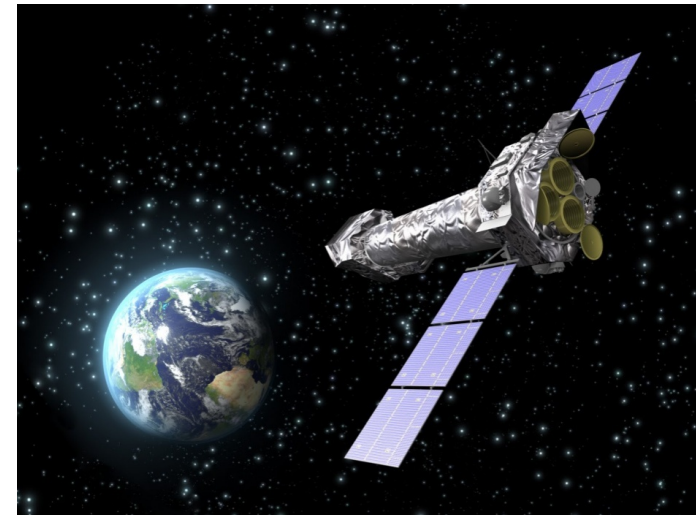
TIPOLOGÍAS DE POSICIONAMIENTO

- Función Receptor:

- **DINÁMICO.**
- **ESTÁTICO.**

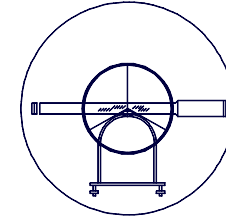
- Función Posicionamiento:

- **ABSOLUTO.**
- **RELATIVO.**



POSICIONAMIENTOS PARA GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

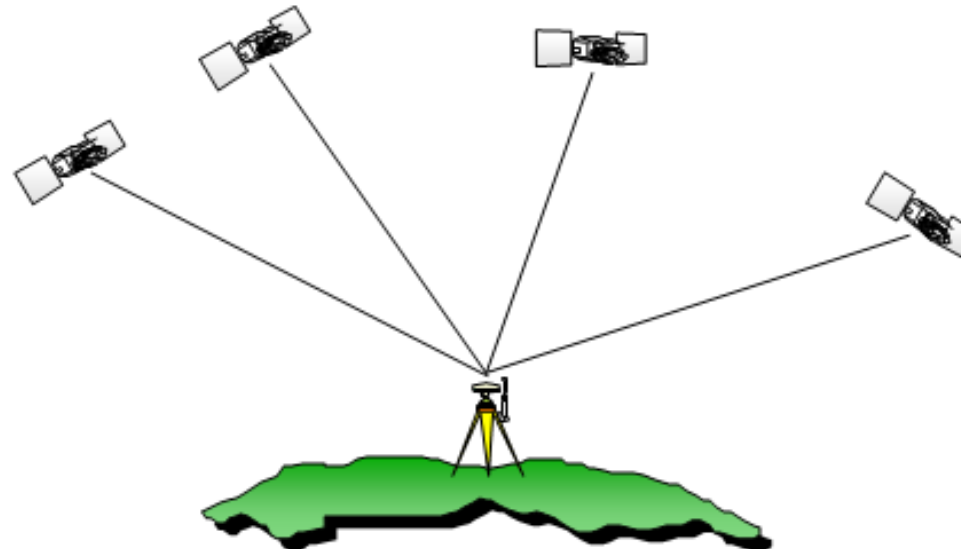
- ESTÁTICO – RELATIVO.**



7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

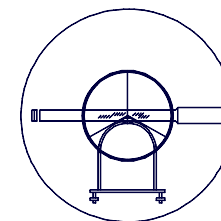
7.4.1.- INTRODUCCIÓN

POSICIONAMIENTO ABSOLUTO



4 Incógnitas a resolver, Latitud, Longitud, Altura y Tiempo.

Es muy similar a un problema de trisección inversa.



7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.1.- INTRODUCCIÓN

POSICIONAMIENTO ABSOLUTO

- A partir de la fórmula de las pseudodistancias:

$$P_R^S(t) = \rho_R^S(t) + c \cdot \delta^S(t) - c \cdot \delta_R(t) - d_i - d_t$$

- Y como no es conocida la distancia, ésta se linealiza según el desarrollo en serie de Taylor partiendo de una posición aproximada. Como:

$$\rho_R^S = \rho_R^S(t_k) + \dot{\rho}_R^S(t_k) \cdot dt$$

$$\rho_R^S(t_k) = \sqrt{(X^S - X_{R0})^2 + (Y^S - Y_{R0})^2 + (Z^S - Z_{R0})^2}$$

- Entonces:
- $$P_R^S(t) = \rho_R^S(t_k) - \frac{X^S - X_{R0}}{\rho_R^S(t_k)} \cdot \Delta X_R - \frac{Y^S - Y_{R0}}{\rho_R^S(t_k)} \cdot \Delta Y_R - \frac{Z^S - Z_{R0}}{\rho_R^S(t_k)} \cdot \Delta Z_R + c \cdot (\delta^S(t) - \delta_R(t)) - d_i - d_t$$

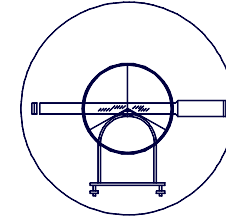
- 4 Incógnitas: $\Delta X_R, \Delta Y_R, \Delta Z_R, \delta_R(t)$

- Ecuación resoluble con 4 satélites (Más satélites => Redundancia).



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

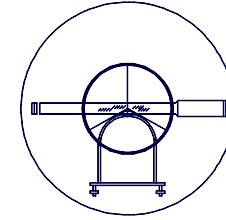
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.1.- INTRODUCCIÓN

POSICIONAMIENTO ABSOLUTO

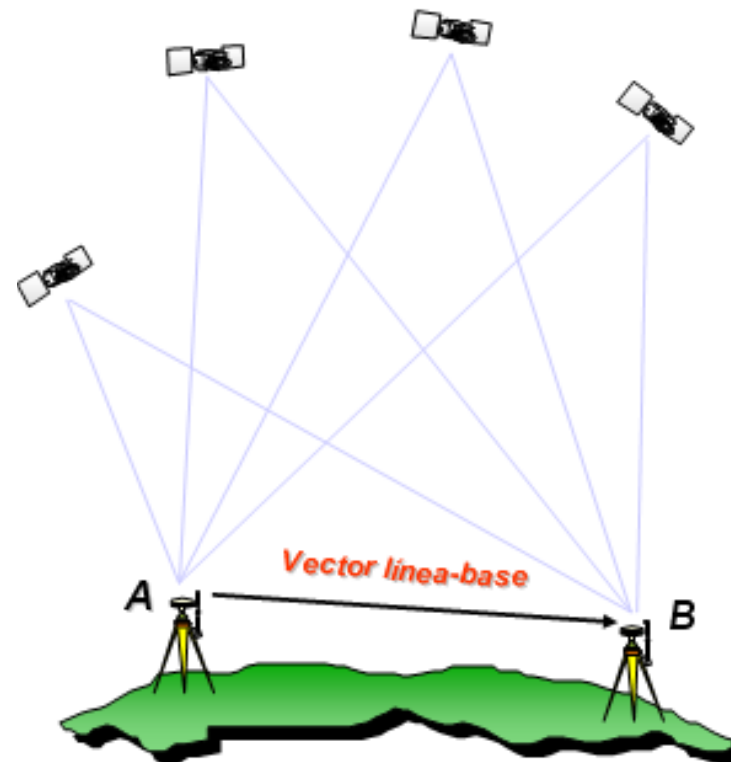
- **Requiere sólo un receptor.**
- **El observable es código a partir del cual se obtiene la pseudodistancia.**
- **Se utilizan datos recibidos en el mensaje: efemérides, estado del reloj del satélite, modelo ionosférico.**
- **Por cada observación se obtiene una nueva posición.**
- **Permite soluciones de navegación.**
- **Se ve afectada por todos los errores del sistema.**
- **Para mejorar las precisiones se realiza un posicionamiento ABSOLUTO ESTÁTICO.**
- **Incertidumbres: variables, 5 a 10 m. planimetría, 10 a 20 m. altimetría.**

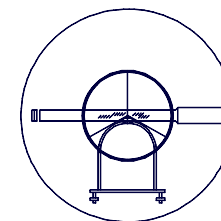


7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.1.- INTRODUCCIÓN

POSICIONAMIENTO ABSOLUTO





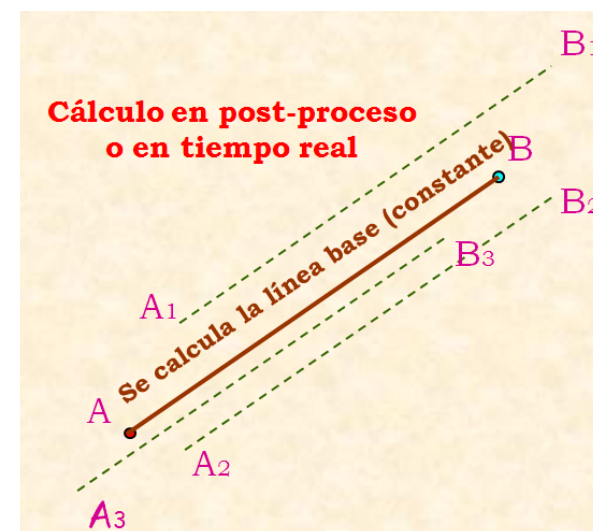
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

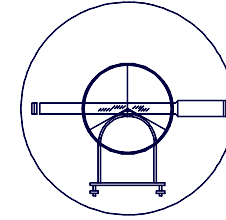
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.1.- INTRODUCCIÓN

POSICIONAMIENTO RELATIVO

- Dos receptores en la misma zona se “equivocan” en igual magnitud y sentido.
- Fijadas las coordenadas del fijo, se calcula la **CORRECCIÓN DIFERENCIAL**
= (XYZ) conocido – (XYZ) calculado.
- La corrección es válida para todos los receptores móviles que se desee.
- El receptor fijo y el móvil deben observar al menos 4 satélites comunes, que pueden variar durante el periodo de observación.
- Precisiones: En función del observable (código o código y medida de fase).





7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.1.- INTRODUCCIÓN

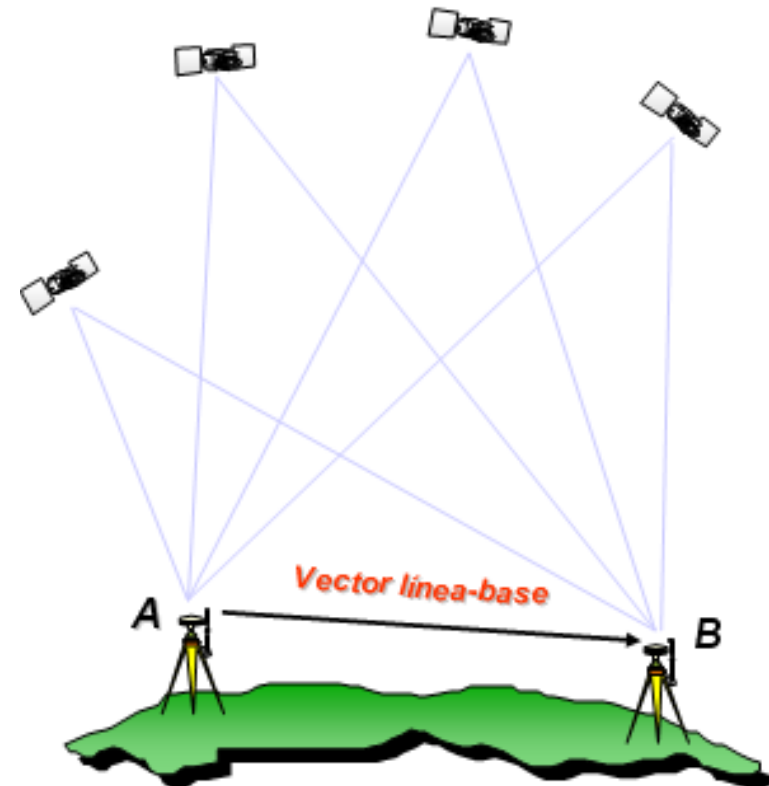
POSICIONAMIENTO RELATIVO

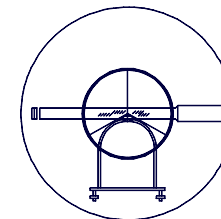
**MEJORA DE LA PRECISIÓN
(DIFERENCIAL):**

Usando sólo *Código se*
obtienen precisiones en
distancia de:

0.5m - 5 m.

**LIMITADA LA DISTANCIA DE
OBSERVACIÓN**





7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.1.- INTRODUCCIÓN

POSICIONAMIENTO RELATIVO (MEDIDA DE CÓDIGO)

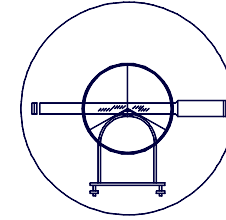
- Se establecen las simples diferencias por código:

$$\left. \begin{aligned} P_A^S(t) &= \rho_A^S(t) + c \cdot \delta^S(t) - c \cdot \delta_A(t) - d_i - d_r \\ P_B^S(t) &= \rho_B^S(t) + c \cdot \delta^S(t) - c \cdot \delta_B(t) - d_i - d_r \end{aligned} \right\} V_A^B = P_B^S(t) - P_A^S(t) = P_{AB}^S(t) \quad \rightarrow \quad P_{AB}^S = \rho_B^S(t) - \rho_A^S(t) + c \cdot (\delta_A(t) - \delta_B(t))$$

- Linealizando las distancias:

$$P_{AB}^S(t) = \rho_B^S(t_k) - \rho_A^S(t_k) - \sum_{i=1}^3 \left(\frac{X_i^S - X_{B0i}}{\rho_B^S(t_k)} \cdot \Delta X_{Bi} \right) + \sum_{i=1}^3 \left(\frac{X_i^S - X_{A0i}}{\rho_A^S(t_k)} \cdot \Delta X_{Ai} \right) + c \cdot (\delta_A(t) - \delta_B(t))$$

- Al ser la posición de A conocida (ΔX_{Ai}) existen cinco incógnitas. La principal ventaja es que se anulan los errores debidos a los relojes de los satélites.



7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

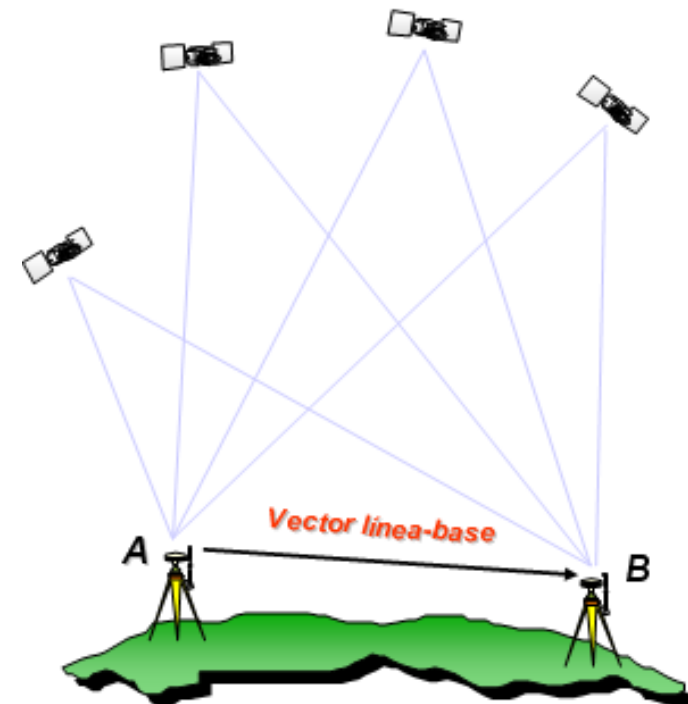
7.4.1.- INTRODUCCIÓN

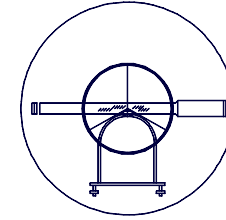
POSICIONAMIENTO RELATIVO (MEDIDA DE CÓDIGO)

**MEJORA DE LA PRECISIÓN
(DIFERENCIAL):**

**Empleando *Fase y Código* la
precisión es de orden:**

5 – 10 mm + 1 ppm





7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.1.- INTRODUCCIÓN

POSICIONAMIENTO RELATIVO (MEDIDA DE FASE)

– A partir de la ecuación:

$$\phi_A^S(t) = f \cdot \frac{\rho}{c} + f \cdot \Delta\delta + N = \frac{\rho}{\lambda} + f \cdot [\delta^S - \delta_R] + N$$

– Se establecen las simples diferencias:

$$\phi_B^S(t) - \phi_A^S(t) = \frac{1}{\lambda} \cdot (\rho_B^S(t) - \rho_A^S(t)) + N_B^S - N_A^S - f \cdot [\delta_B(t) - \delta_A(t)]$$

$$\phi_{AB}^S(t) = \frac{1}{\lambda} \rho_{AB}^S(t) - f \cdot \delta_{AB}(t) + N_{AB}^S$$

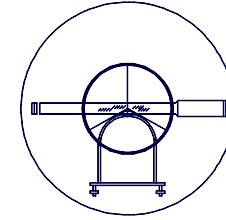
– Donde:

$$\phi_{AB}^S(t) = \phi_B^S(t) - \phi_A^S(t)$$

$$N_{AB}^S = N_B^S - N_A^S$$

$$\delta_{AB}(t) = \delta_B(t) - \delta_A(t)$$

$$\rho_{AB}^S(t) = \rho_B(t) - \rho_A(t)$$



7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.1.- INTRODUCCIÓN

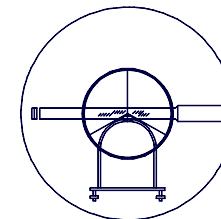
POSICIONAMIENTO RELATIVO (MEDIDA DE FASE)

- Se establecen las dobles diferencias:

$$\left. \begin{aligned}
 \phi_{AB}^{S1}(t) &= \frac{1}{\lambda} \rho_{AB}^{S1}(t) + N_{AB}^{S1} - f \cdot \delta_{AB}(t) \\
 \phi_{AB}^{S2}(t) &= \frac{1}{\lambda} \rho_{AB}^{S2}(t) + N_{AB}^{S2} - f \cdot \delta_{AB}(t)
 \end{aligned} \right\} \begin{aligned}
 \phi_{AB}^{S1} - \phi_{AB}^{S2} &= \frac{1}{\lambda} (\rho_{AB}^{S1} - \rho_{AB}^{S2}) + (N_{AB}^{S1} - N_{AB}^{S2}) \\
 \phi_{AB}^{S1S2} &= \frac{1}{\lambda} \rho_{AB}^{S1S2} + N_{AB}^{S1S2}
 \end{aligned}$$

- Se eliminan los estados de los relojes de los receptores.
- Se pueden establecer las ecuaciones de triples diferencias:

$$\phi_{AB}^{S1S2}(t_2) - \phi_{AB}^{S1S2}(t_1) = \frac{1}{\lambda} [\rho_{AB}^{S1S2}(t_2) - \rho_{AB}^{S1S2}(t_1)]$$



7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.1.- INTRODUCCIÓN

POSICIONAMIENTO RELATIVO (MEDIDA DE FASE)

- CÁLCULO DE LA POSICIÓN:

- **A partir de la ecuación de dobles diferencias:**

$$\phi_{AB}^{S1S2} = \frac{1}{\lambda} \rho_{AB}^{S1S2} + N_{AB}^{S1S2}$$

con: $\rho_{AB}^{S1S2} = \rho_B^{S2}(t) - \rho_B^{S1}(t) + \rho_A^{S1}(t) - \rho_A^{S2}(t)$

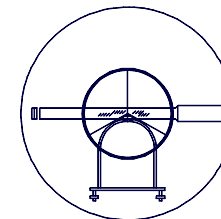
- **Linealizando se obtiene la ecuación:**

$$\lambda \cdot \phi_{AB}^{S1S2}(t) - \rho_{B_0}^{S2}(t) + \rho_{B_0}^{S1}(t) - \rho_A^{S1}(t) + \rho_A^{S2}(t) = - \sum_{i=1}^3 \left(\frac{X_i^{S2} - X_{B0i}}{\rho_B^{S2}(t_k)} \cdot \Delta X_{Bi} \right) + \sum_{i=1}^3 \left(\frac{X_i^{S1} - X_{B0i}}{\rho_B^{S1}(t_k)} \cdot \Delta X_{Bi} \right) + \lambda \cdot N_{AB}^{S1S2} = \sum_{i=1}^3 \left[\left(\frac{X_i^{S1} - X_{B0i}}{\rho_B^{S1}(t_k)} - \frac{X_i^{S2} - X_{B0i}}{\rho_B^{S2}(t_k)} \right) \cdot \Delta X_{Bi} \right] + N_{AB}^{S1S2}$$



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

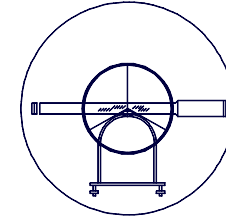
7.4.1.- INTRODUCCIÓN

POSICIONAMIENTO RELATIVO (MEDIDA DE FASE)

- CÁLCULO DE LA POSICIÓN:

$$\lambda \cdot \phi_{AB}^{S1S2}(t) - \rho_{B_0}^{S2}(t) + \rho_{B_0}^{S1}(t) - \rho_A^{S1}(t) + \rho_A^{S2}(t) = - \sum_{i=1}^3 \left(\frac{X_i^{S2} - X_{B0i}}{\rho_B^{S2}(t_k)} \cdot \Delta X_{Bi} \right) + \sum_{i=1}^3 \left(\frac{X_i^{S1} - X_{B0i}}{\rho_B^{S1}(t_k)} \cdot \Delta X_{Bi} \right) + \lambda \cdot N_{AB}^{S1S2} = \sum_{i=1}^3 \left[\left(\frac{X_i^{S1} - X_{B0i}}{\rho_B^{S1}(t_k)} - \frac{X_i^{S2} - X_{B0i}}{\rho_B^{S2}(t_k)} \right) \cdot \Delta X_{Bi} \right] + N_{AB}^{S1S2}$$

- La posición de A es conocida. Se resuelve mediante mínimos cuadrados a partir de una posición aproximada obtenida, normalmente, de las ecuaciones de triples diferencias.
- La ambigüedad incógnita será la inicial para cada satélite, ya que la variación de N será conocida al observarse la medida de fase.
- Se eliminan los estados de los relojes de los receptores.
- Se pueden establecer las ecuaciones de triples diferencias.



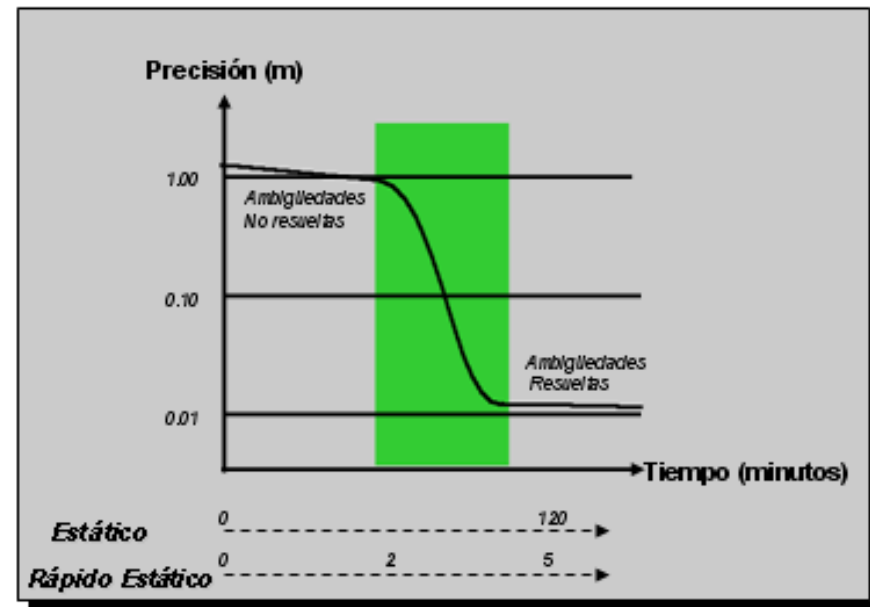
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.1.- INTRODUCCIÓN

POSICIONAMIENTO RELATIVO (MEDIDA DE FASE)

- CÁLCULO DE LA POSICIÓN:

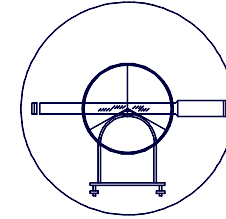
- Una vez que se resuelven las ambigüedades, la exactitud de la medida no mejora significativamente con el tiempo.





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.1.- INTRODUCCIÓN

IMPLICACIONES POSTPROCESO-TIEMPO REAL

- POST-PROCESO:

- **Se debe disponer de datos de observaciones comunes para el móvil y la referencia. No basta con disponer de la posición.**
- **La posición se obtiene en gabinete a partir de las coordenadas del fijo tras el cálculo de la línea base.**

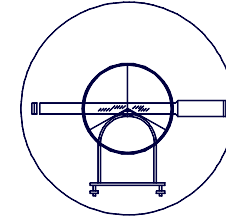
- TIEMPO REAL:

- **Los datos de la corrección se disponen en el momento de la observación.**
- **Usualmente se salva únicamente la posición corregida.**
- **Si hay problemas, no se dispone de datos ni de nuestro equipo ni de la referencia.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

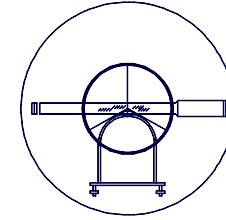
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.1.- INTRODUCCIÓN

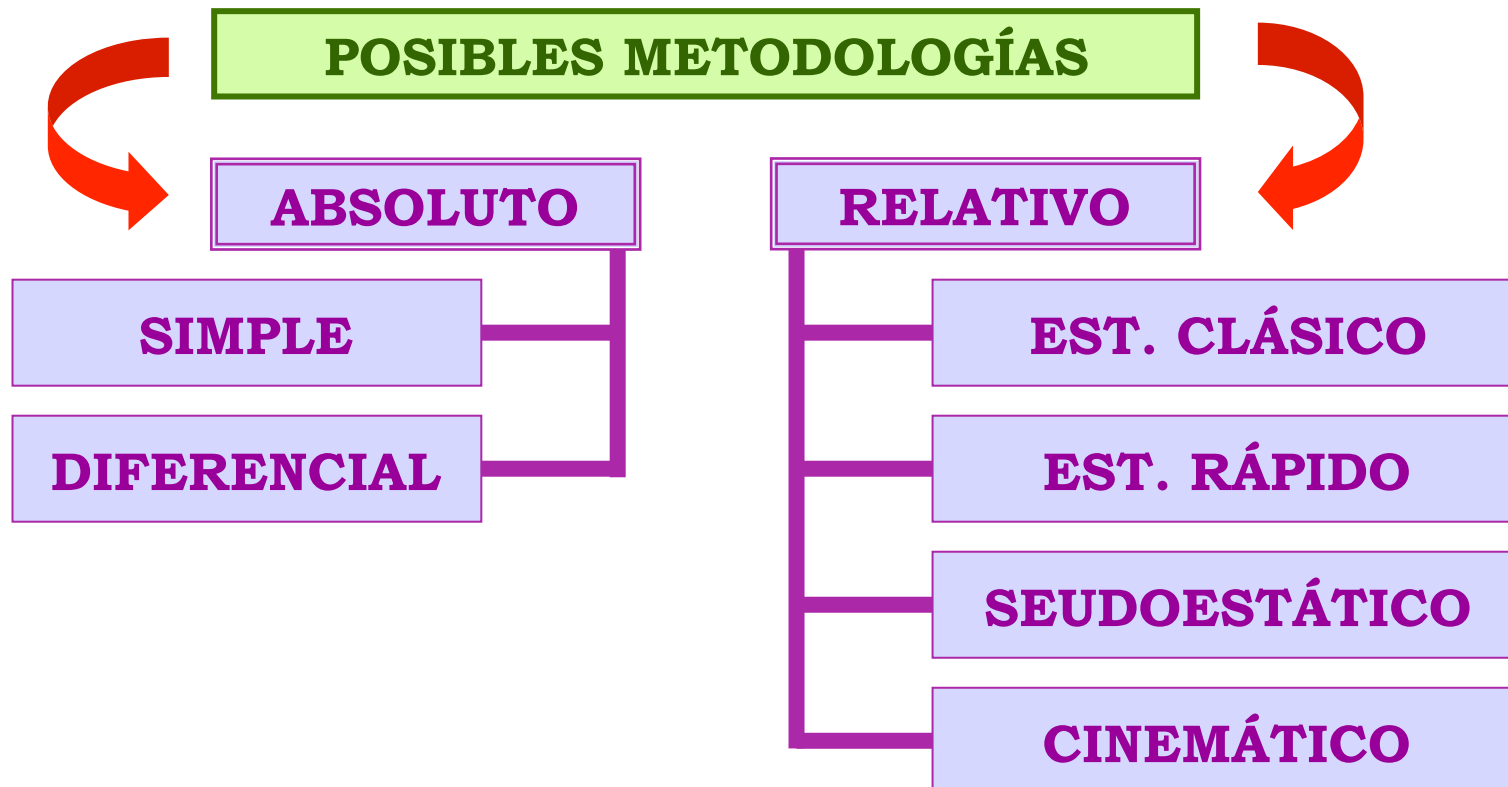
ESQUEMA GENERAL

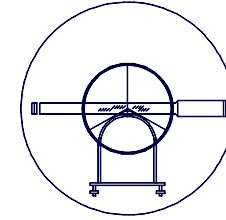
- Usando el método de medición con un solo receptor se obtiene una precisión de 5 a 10 m.
- El método diferencial; usando dos receptores simultáneamente, rastreando un mínimo de 4 satélites genera una precisión en la línea base de 0.5 cm a 5 m observando Código y unos centímetros observando fase.
- **RECORDAR:**
 - Usando método Diferencial con *Código* se obtiene una precisión de *metros*.
 - Usando método Diferencial con *Fase* se obtiene una precisión de *centímetros*.



7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

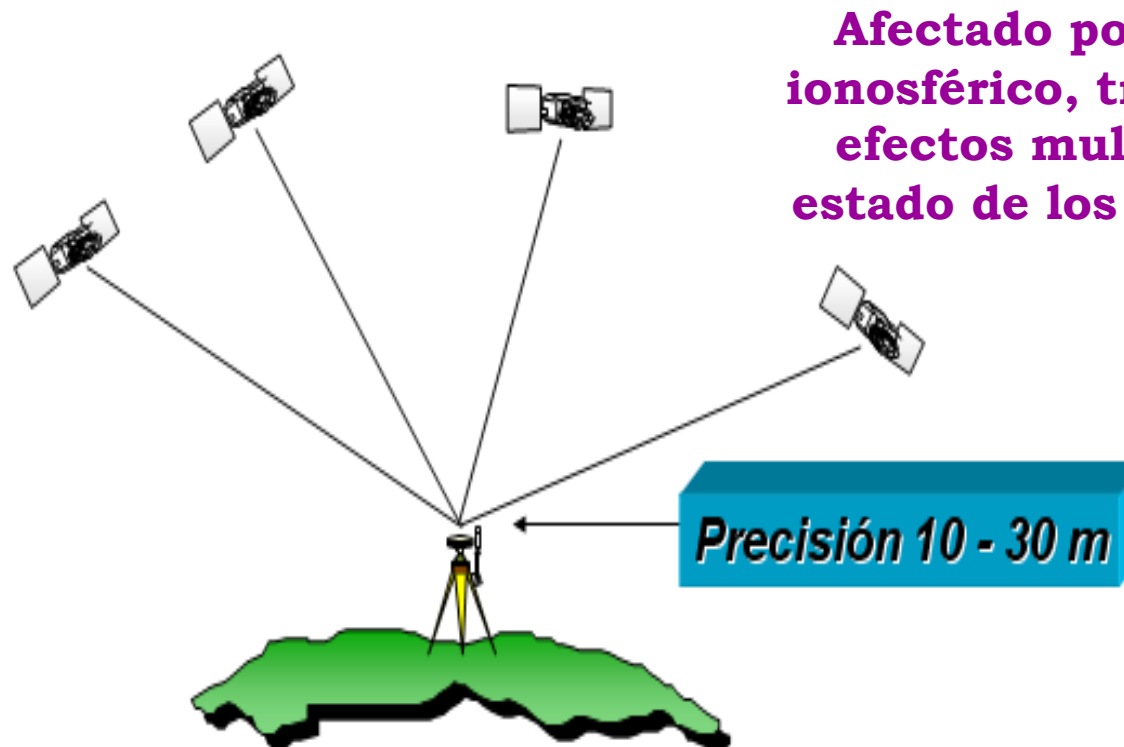
7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN





7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN
POSICIONAMIENTO ABSOLUTO SIMPLE

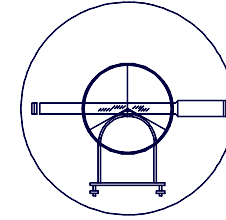


**Afectado por: retardo
ionosférico, troposférico,
efectos multicamino,
estado de los relojes, etc.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

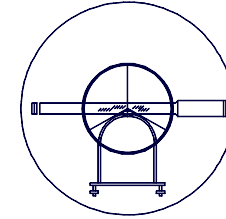
POSICIONAMIENTO ABSOLUTO SIMPLE

- Requiere sólo un receptor.
- El observable es código a partir del cual se obtiene la pseudodistancia.
- Se utilizan datos recibidos en el mensaje: efemérides, estado del reloj del satélite, modelo ionosférico.
- Por cada observación se obtiene una nueva posición.
- Permite soluciones de navegación.
- Se ve afectada por todos los errores del sistema.
- Para mejorar las precisiones se realiza un posicionamiento **ABSOLUTO ESTÁTICO**.
- Incertidumbres: variables, 5 a 10 m. planimetría, 10 a 20 m. altimetría.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

POSICIONAMIENTO ABSOLUTO SIMPLE

- EQUIPO:

- **1 Receptor Código.**

- **Cálculo de la posición del receptor empleando pseudodistancias, a partir del código.**

- PRECISIÓN:

- **ESTÁTICO: Postproceso 5 m.**
- **DINÁMICO: Tiempo Real 15 m.**

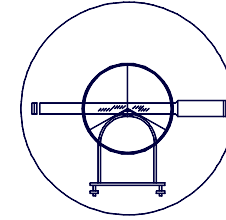


**Resultados (X,Y,Z)
Seudodistancias.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL **7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN**

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

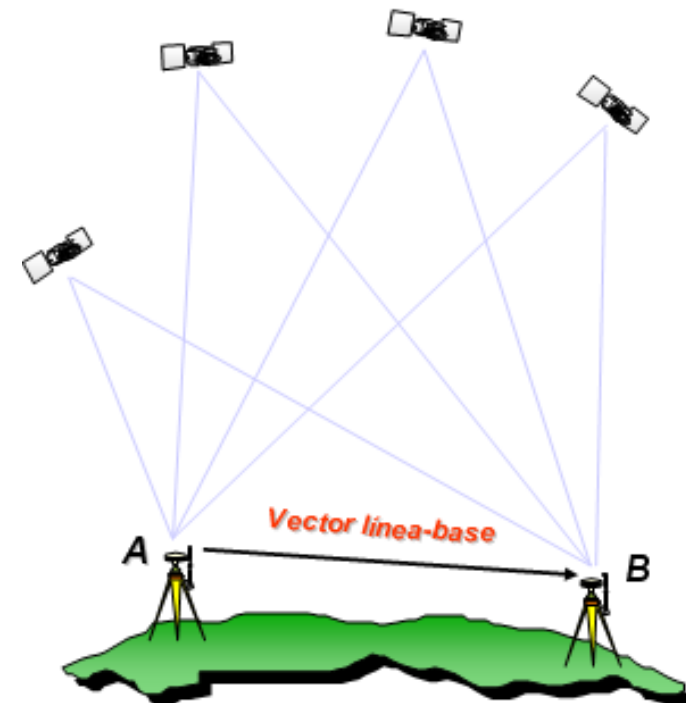
POSICIONAMIENTO ABSOLUTO DIFERENCIAL CÓDIGO

En si mismo es un método relativo, pero como se mide Código exclusivamente se le considera absoluto.

Precisiones en distancia de:

0,5m – 5 m.

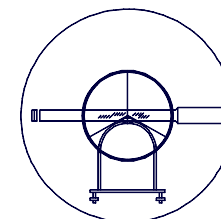
LIMITADA LA DISTANCIA DE OBSERVACIÓN.





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

POSICIONAMIENTO ABSOLUTO DIFERENCIAL CÓDIGO

- EQUIPO:

- **1 Receptor Móvil Código.**
- **1 Receptor Base Código.**

- El receptor base calcula la corrección diferencial, aplicándola posteriormente a todos los receptores.

- Receptores base y móvil deben observar a 4 satélites idénticos.

- Precisión 0,5 – 5 m.

Receptor móvil



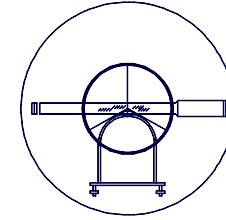
**Receptor base
(X,Y,Z) WGS
conocidas.**

**Resultados
(X,Y,Z)
Seudodistancias
Tiempo Real o
postproceso.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

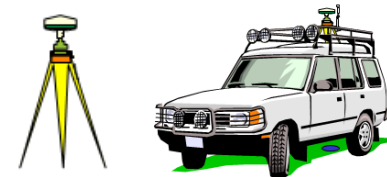
POSICIONAMIENTO RELATIVO

– Posibles metodologías dentro del relativo:

- **ESTÁTICO:**
 - *Estático CLÁSICO.*
 - *Estático RÁPIDO.*

- **DINÁMICO:**
 - *Seudoestático*
 - *Cinemático (RTK).*

Receptor móvil



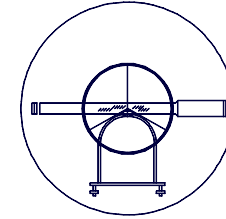
**Receptor base
(X,Y,Z) WGS
conocidas.**

**Resultados
(X,Y,Z)
Seudodistancias
Tiempo Real o
postproceso.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

POSICIONAMIENTO RELATIVO, ESTÁTICO CLÁSICO

- EQUIPO:

- **1 Receptor Móvil Fase (Mono/Bi).**
- **1 Receptor Base Fase (Mono/Bi).**

- TIEMPO:

- **45 minutos => Baselines < 6 km.**
- **60 minutos => Baselines < 10 km.**
- **> 60 minutos => Baselines > 10 km.**

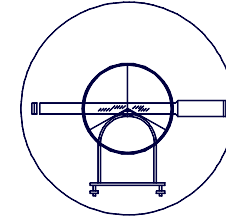
- OBSERVACIÓN:

- **4 Satélites comunes.**
- **PDOD < 5.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

POSICIONAMIENTO RELATIVO, ESTÁTICO CLÁSICO

– PRECISIÓN:

- **Monofrecuencia 10 mm + 2 ppm.**
- **Bifrecuencia 5 mm + 1 ppm.**

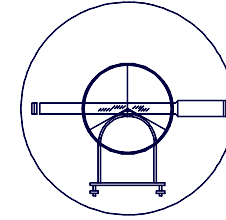
– APLICACIONES:

- **Control de precisión.**
- **Redes Geodésicas.**
- **Apoyos fotogramétricos.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

POSICIONAMIENTO RELATIVO, ESTÁTICO RÁPIDO

- EQUIPO:

- **1 Receptor Móvil Fase (Bifrecuencia).**
- **1 Receptor Base Fase (Bifrecuencia).**

- TIEMPO:

- **10 minutos => Baselines < 6 km.**
- **15 minutos => Baselines < 10 km.**
- **> 20 minutos => Baselines > 10 km.**

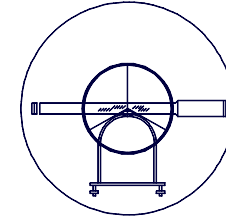
- OBSERVACIÓN:

- **4 Satélites comunes.**
- **PDOD < 5.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

POSICIONAMIENTO RELATIVO, ESTÁTICO RÁPIDO

- PRECISIÓN:

- **Bifrecuencia 5 mm + 1 ppm.**

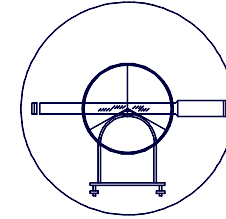
- APLICACIONES:

- **Control de precisión.**
- **Redes Geodésicas.**
- **Apoyos fotogramétricos.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

POSICIONAMIENTO RELATIVO, SEUDOESTÁTICO

- EQUIPO:

- **1 Receptor Móvil Fase (Mono/Bi).**
- **1 Receptor Base Fase (Mono/Bi).**

- TIEMPO:

- **Dos ocupaciones de 10 minutos separadas una hora entre sí.**

- OBSERVACIÓN:

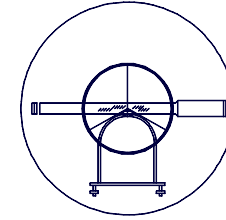
- **4 Satélites comunes.**
- **PDOD < 5.**

**OPCIÓN
CINEMÁTICO**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

POSICIONAMIENTO RELATIVO, SEUDOESTÁTICO

– PRECISIÓN:

- **Monofrecuencia 20 mm + 2 ppm.**

– APLICACIONES:

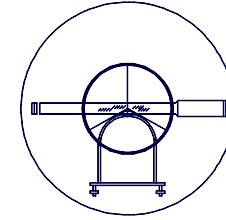
- **Control de precisión.**
- **Redes Geodésicas.**
- **Apoyos fotogramétricos.**

**OPCIÓN
CINEMÁTICO**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

POSICIONAMIENTO RELATIVO, SEUDOESTÁTICO

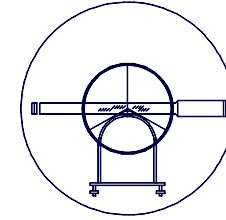
– Consta de dos fases diferenciadas:

- **INICIALIZACIÓN:** sirve para resolver las ambigüedades, generalmente se emplea el método de las dobles diferencias, aunque existen otros.
- **ITINERARIO:** con la señal recibida de cuatro satélites comunes se inicializa la captura de datos y después de recorrer todos los puntos deseados, se debe volver al punto inicial para determinar el cierre.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

POSICIONAMIENTO RELATIVO, CINEMÁTICO

- EQUIPO:

- 1 Receptor Móvil Fase (Bifrecuencia).
- 1 Receptor Base Fase (Bifrecuencia).

- TIEMPO:

- 1 Receptor Móvil Fase (Bifrecuencia).
- Itinerario 4 seg/punto.

- OBSERVACIÓN:

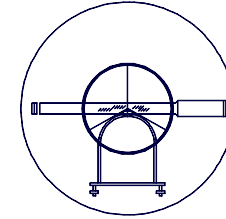
- 4 Satélites comunes.
- PDOD < 5.

**OPCIÓN
CINEMÁTICO**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

POSICIONAMIENTO RELATIVO, CINEMÁTICO

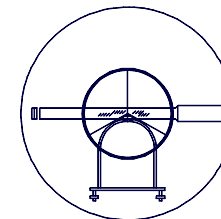
– PRECISIÓN:

- **Monofrecuencia 20 mm + 2 ppm.**

– APLICACIONES:

- **Densificación de Redes.**
- **Levantamientos Topográficos.**
- **Replanteos.**

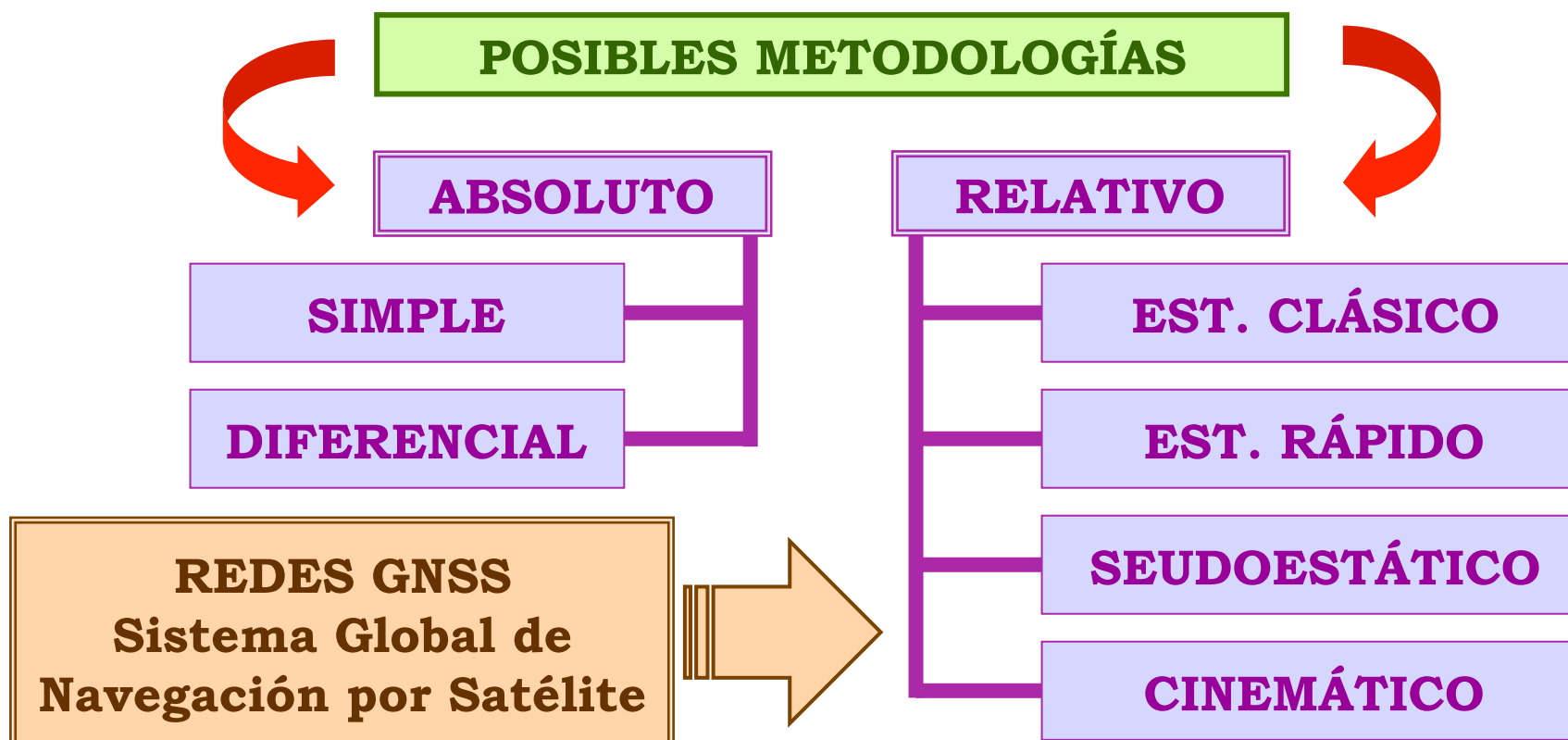
**OPCIÓN
CINEMÁTICO**



7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

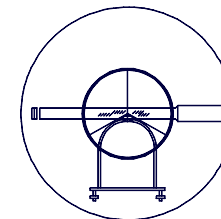
7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

REDES GNSS

- PLANTEAMIENTO:

**Marco de Referencia
Activo GNSS.**

**Vértices Geodésicos “on
line” en todo el territorio.**

**Monitorización en
Tiempo Real.**

**Producción
Cartográfica**

ETRS89

**Trabajos de
Investigación**

**Infraestr.
Tecnológica**

Obra Civil

**Navegación de
Precisión**

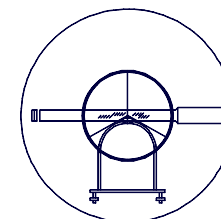
**Trabajos
Topográficos**

OTROS...



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

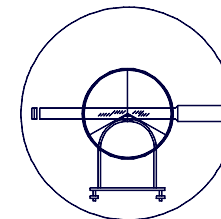
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

REDES GNSS

- FUNDAMENTO:

- **Recibe, en tiempo real, las observaciones GPS y GLONASS de equipos distribuido en un territorio.**
- **Un servidor procesa la información y genera datos que posibilitan efectuar correcciones diferenciales en el ámbito de trabajo, que se distribuyen sin restricción de uso a través de Internet, sin coste.**
- **Se generan datos que permiten 2 tipos de correcciones:**
 - *Correcciones en tiempo real. El usuario, usando rv adecuados, obtiene en campo directamente posiciones, con la precisión del tipo de corrección, en el momento de la observación de la posición.*
 - *Correcciones en postproceso. El usuario en campo almacena las observaciones para las posiciones de interés, correspondientes al móvil. En gabinete, recupera de la red los ficheros correspondientes a la referencia, empleando para su tratamiento software adecuado.*

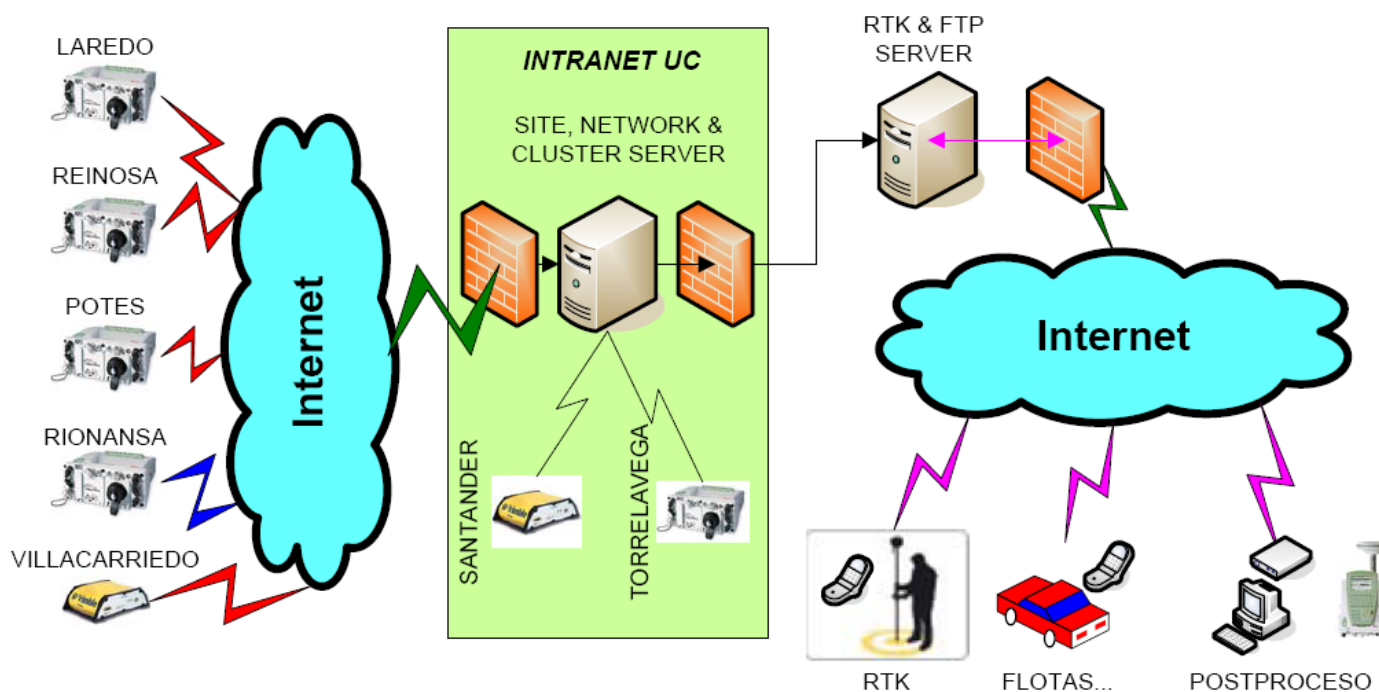


7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

REDES GNSS

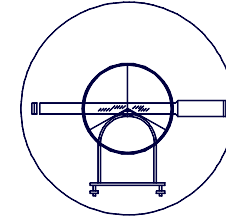
- FUNDAMENTO:





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

REDES GNSS

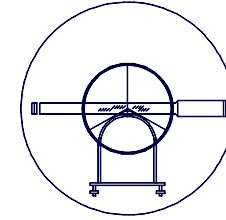
- ESTACIONES DE REFERENCIA EN LA WEB:

- **FTP estaciones Instituto Geográfico Nacional (IGN):**
 - <ftp://193.144.251.14>.
- **EUREF Permanent Network:**
 - <http://igs.ifag.de>.
 - <http://www.epncb.oma.be/>.
- **Leica estaciones de referencia en España:**
 - http://www.iberef-gps.com/iberef/proyecto_iberef_consistei.htm.
- **EUITTO Madrid:**
 - <http://gps.euitto.upm.es/>.
- **Euref – Ip: Correcciones diferenciales en Internet:**
 - http://www.epncb.oma.be/organisation/projects/euref_IP/.
- **Existen muchos más: REDES GNSS AUTONÓMICAS...**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

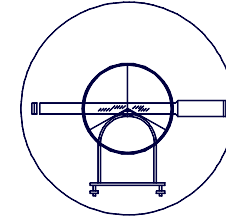
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

REDES GNSS

- COMUNIDADES AUTÓNOMAS:

- **Andalucía: se compone de 22 estaciones.**
- **Asturias: se compone de 8 estaciones.**
- **Castilla y León: se compone de 30 estaciones.**
- **Cataluña: se compone de 16 estaciones.**
- **Murcia: se compone de 5 estaciones.**
- **País Vasco: se compone de 11 estaciones.**
- **Valencia: se compone de 8 estaciones.**
- **Cantabria: se compone de 7 estaciones con solución individual. Acceso de datos a través de Internet.**

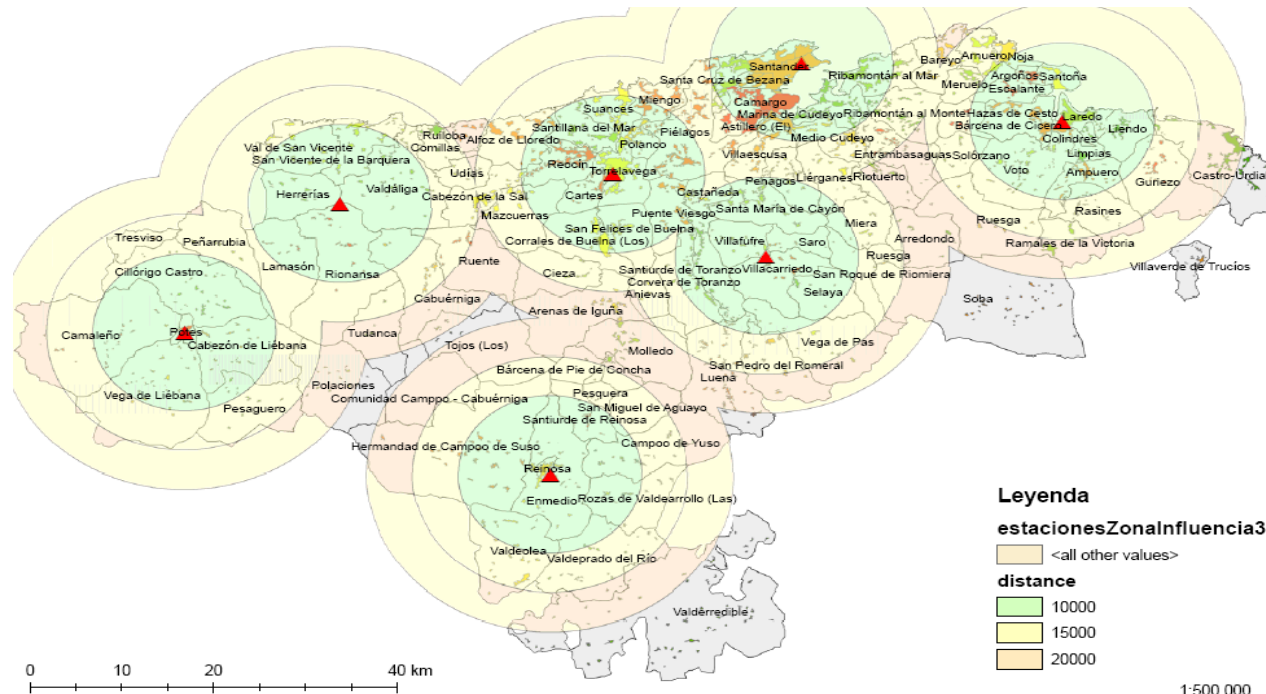


7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

REDES GNSS

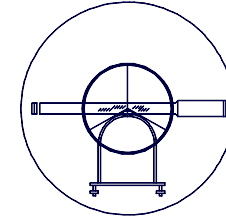
- COMUNIDADES AUTÓNOMAS:





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

REDES GNSS

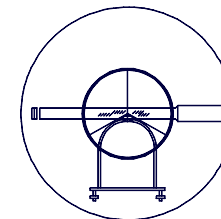
- CORRECCIÓN EN TIEMPO REAL:

- Usa la metodología gps RTK (Real Time Kinematic, o diferencial de fase) ó DGPS (GPS diferencial de código).
- El usuario debe disponer de un equipo: Código, fase, Gps, Gps & Glonass que admita correcciones según el estándar RTCM (v2.x ó 3.x).
- Poder conectarse a Internet durante la observación, habitualmente con telefonía móvil (GPRS o UMTS).
- Se emplea un protocolo especial para difundir correcciones diferenciales por Internet, denominado NTRIP.
- Se generan habitualmente 2 tipos de correcciones:
 - Correcciones directas de estaciones GNSS. Se accede directamente a las correcciones de una estación base.
 - Corrección de red. El servidor de la red integra todos los datos de los equipos GNSS fijos, genera una corrección con mayor ámbito de validez.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

REDES GNSS

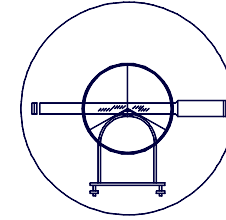
- CORRECCIÓN EN TIEMPO REAL:

RTK / DGPS CLÁSICO	RTK / DGPS RED GNSS
Equipo trabajo: 2 mv.	Equipo trabajo: 1 mv.
Necesidad de ubicar y configurar la referencia.	La referencia está permanentemente operativa.
Comunicación: radio enlace.	Comunicación: internet, GPRS.
Alcance: 10-12 km.	Alcance: 25 km estación base aislada; todo el territorio solución de red.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

REDES GNSS

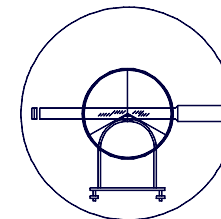
- CORRECCIÓN EN POST-PROCESO:

- **El posicionamiento preciso se consigue en diferido, siendo en general más preciso que el tiempo real.**
- **El usuario debe disponer de un equipo:**
 - **Código, fase (monofrecuencia o bifrecuencia, Gps, Gps & Glonass).**
 - **Registre observaciones.**
 - **En campo, se debe observar el tiempo preciso para la distancia ref-mov.**
 - **Del software preciso para el postproceso, y conocer su uso.**
- **Al volver a la oficina, se descargan los ficheros de las estaciones GNSS de referencia precisas a través de Internet.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

REDES GNSS

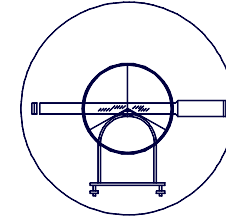
- CORRECCIÓN EN POST-PROCESO:

ESTÁTICO CLÁSICO	ESTÁTICO RED GNSS
Equipo trabajo: 2 mv.	Equipo trabajo: 1 mv.
Necesidad de ubicar y configurar la referencia.	La referencia está permanentemente hábil.
Tiempo observación: según distancia ref-mov.	Tiempo observación: según distancia ref-mov.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

REDES GNSS

- VENTAJAS RED GNSS:

- Usualmente proporcionan doble corrección: desde estación base y solución de red.
- La solución de red proporciona mayor homogeneidad de las correcciones.
- La solución de estación base aislada resuelve a mayor distancia.
- El usuario solo precisa un receptor: menor inversión.
- Rendimiento máximo.

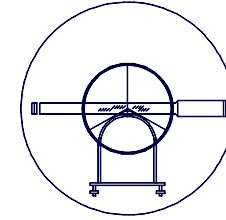
- INCONVENIENTES RED GNSS:

- Dependencia fuerte de la existencia de comunicaciones en la zona de trabajo.
- Coste de las comunicaciones.
- Los propios de los sistemas GNSS: necesidad de que el entorno de observación sea adecuado.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

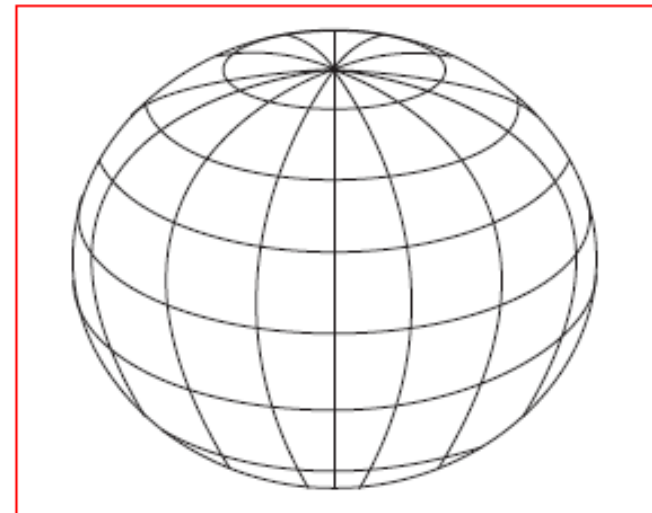
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

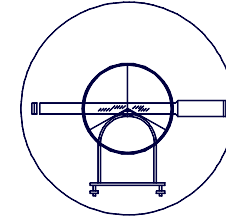
7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

SISTEMAS DE COORDENADAS

- El elipsoide utilizado por el GPS es conocido como WGS84 o Sistema Geodésico Mundial 1984 (por sus siglas en inglés World Geodetic System 1984). Un punto sobre la superficie terrestre, puede ser definido utilizando su Latitud, su Longitud y su Altura Elipsoidal.



Elipsoide



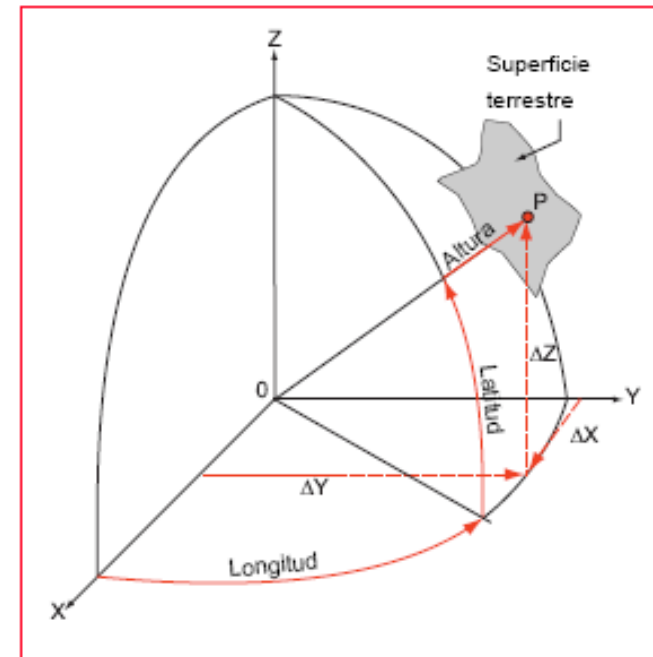
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

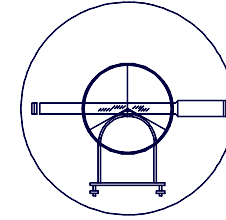
7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

SISTEMAS DE COORDENADAS

- Un método alternativo para definir la posición de un punto es utilizando el sistema de Coordenadas Cartesiano, empleando las distancias sobre los ejes X, Y y Z desde el origen o centro del esferoide. Este es el método básico que emplea el GPS para definir la posición de un punto en el espacio.



Definición del punto P mediante coordenadas Geodésicas y Cartesianas

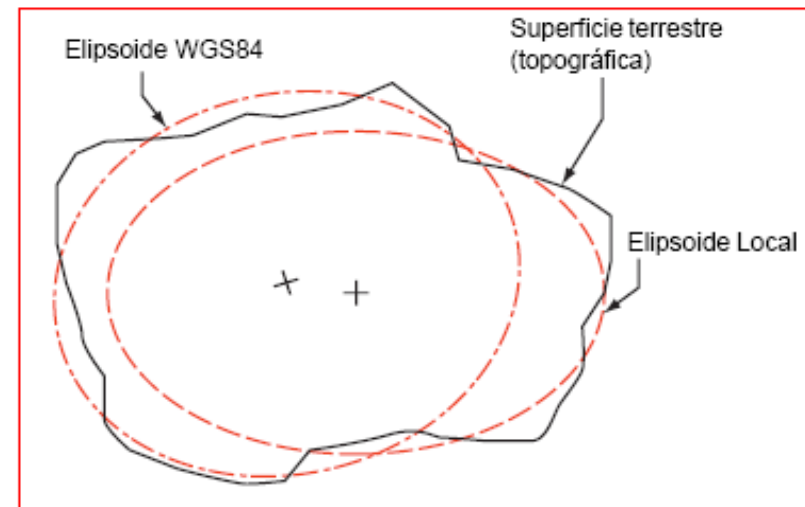


7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

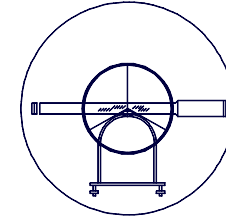
7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

SISTEMAS DE COORDENADAS

- Cuando se utiliza GPS, las coordenadas de las posiciones calculadas están basadas en el elipsoide WGS84.
- Generalmente, las coordenadas existentes están en el sistema de coordenadas locales, por lo que las coordenadas GPS deben ser transformadas al sistema local.



Relación entre los elipsoides y la superficie terrestre

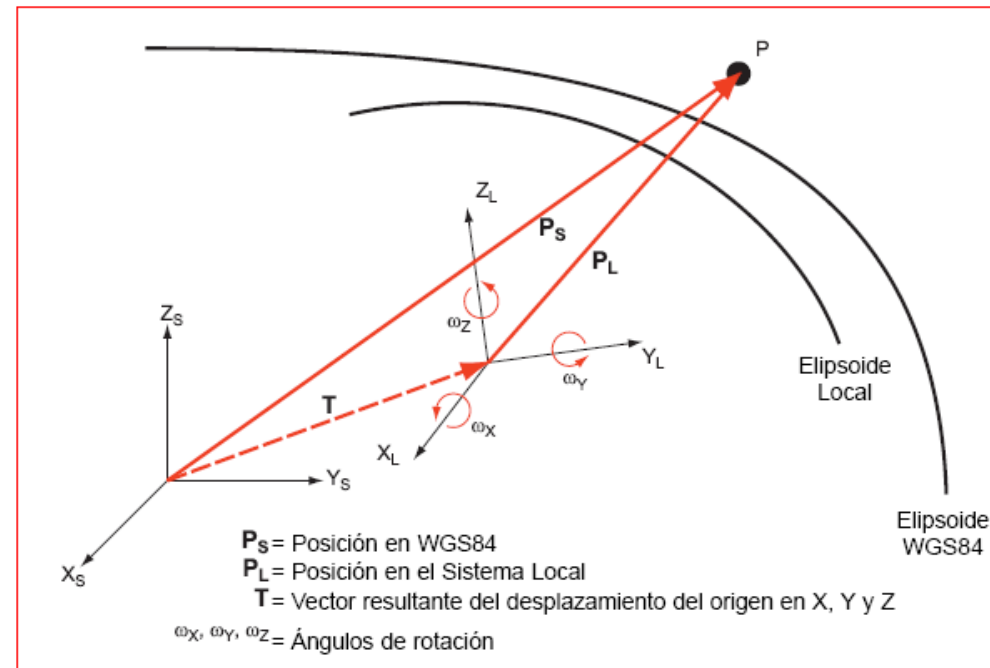


7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

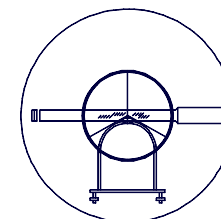
7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

SISTEMAS DE COORDENADAS

- La transformación de “7” parámetros de Helmert ofrece una transformación correcta matemáticamente.
- Esta transformación conserva la precisión de las mediciones GPS y las coordenadas locales.



Transformación de 7 parámetros de Helmert



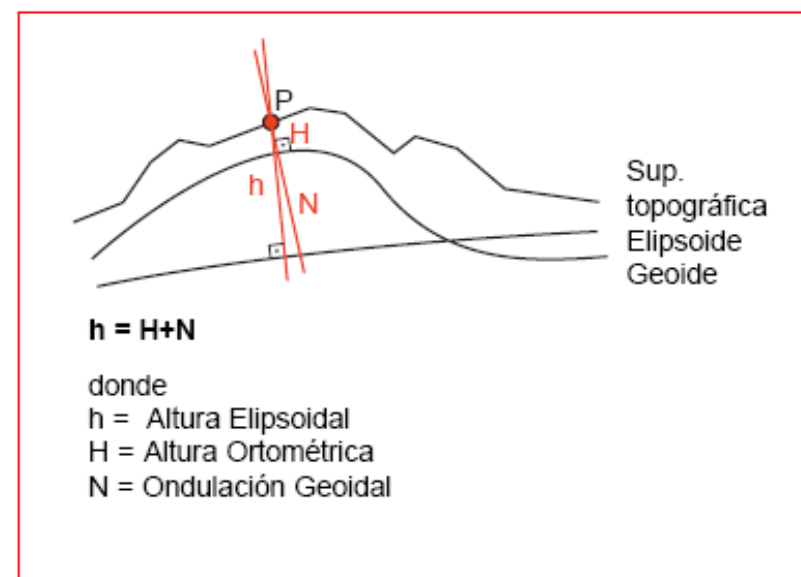
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

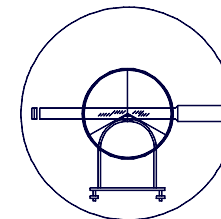
7.4.2.- MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

SISTEMAS DE COORDENADAS

- El problema altimétrico derivado de la diferencia de orígenes altimétricos (Geoide y Elipsoide), es resuelto mediante el uso de modelos geoidales para convertir las alturas elipsoidales en alturas ortométricas.



Relationship between Orthometric and Ellipsoidal height



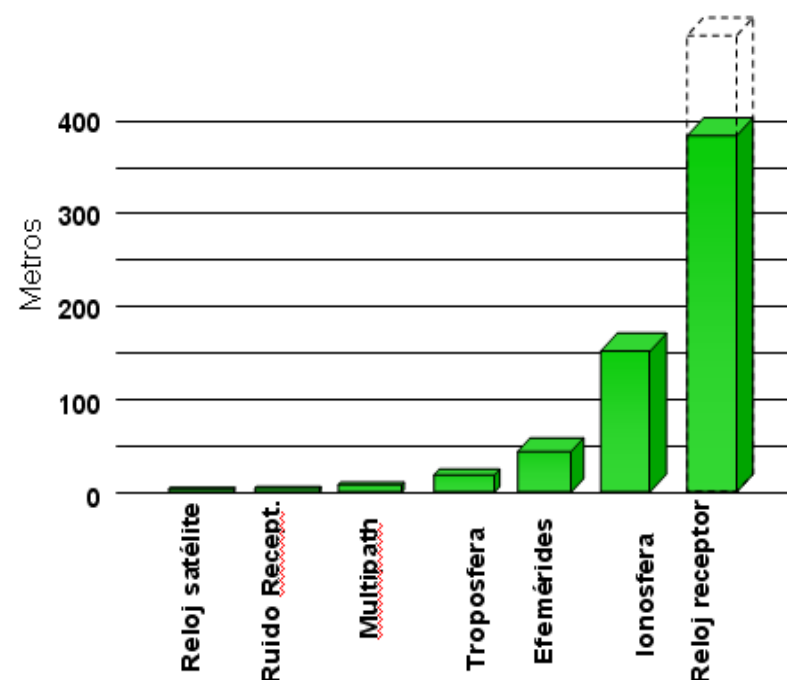
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

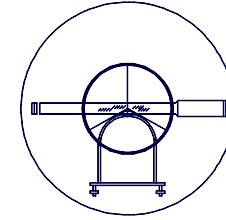
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.3.- ERRORES GPS

FUENTES DE ERROR E INCIDENCIA DE ESTOS EN GPS

ELEMENTO	FUENTE DE ERROR
Satélite	Errores en el oscilador Errores o variaciones en los parámetros orbitales
Propagación de la señal	Refracción ionosférica Refracción troposférica S/A. Disponibilidad Selectiva Pérdidas de ciclos Multipath. Ondas reflejadas
Receptor	Errores en el oscilador Error en las coordenadas del punto de referencia Error en el estacionamiento Error en la manipulación del equipo Variación y desfase del centro de la antena





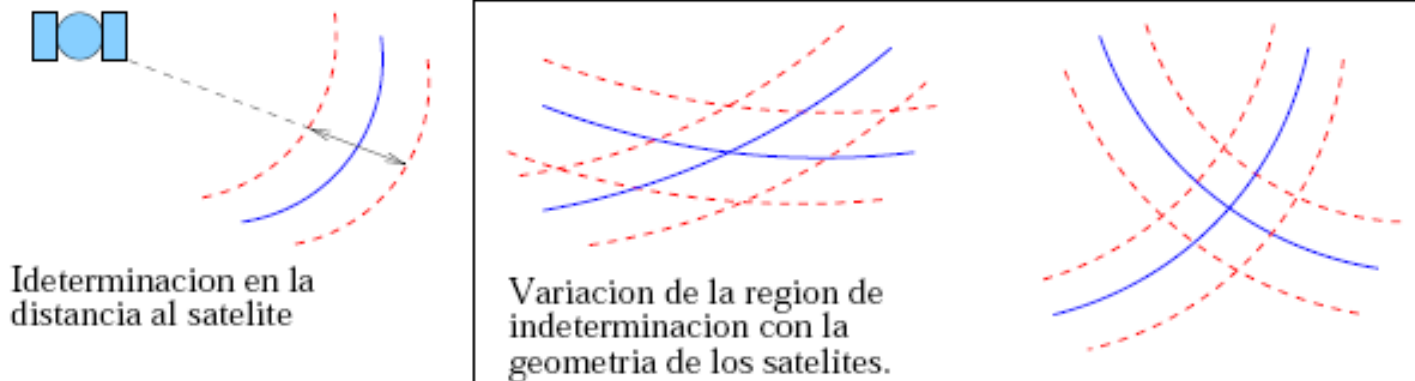
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

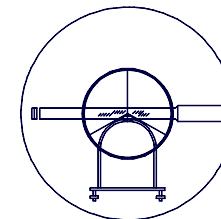
7.4.3.- ERRORES GPS

DILUCIÓN DE LA PRECISIÓN

- La geometría de los satélites según son vistos por el receptor influyen sobre el error de posicionamiento, por tanto, El tamaño y la forma de la región de error varía según la posición relativa de los mismos.



Dilution Of Precision (DOP).



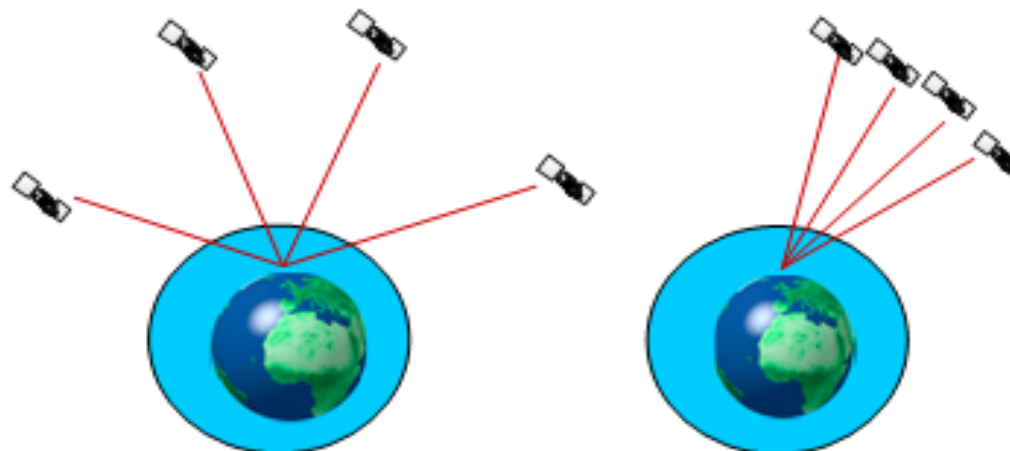
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.3.- ERRORES GPS

DILUCIÓN DE LA PRECISIÓN

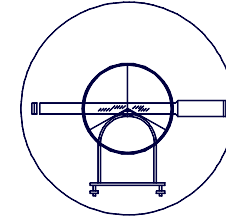
- Describe la contribución de la posición geométrica de los satélites en la incertidumbre de la medida de un punto fijo.
- Es un valor que indica la posición geométrica de los satélites durante el tiempo de la medición:





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.3.- ERRORES GPS

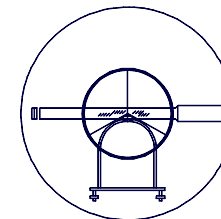
DILUCIÓN DE LA PRECISIÓN

- UERE: error equivalente en distancia del usuario y se supone igual para todos los satélites. Es el error cuadrático medio obtenido como raíz cuadrada de los errores individuales al cuadrado.
- DOP (Dilution of Precision). Término dependiente de la geometría. Se suele medir con estas 4 magnitudes:
 - GDOP: medida de incertidumbre de la posición debida a la geometría de los satélites y a la precisión del tiempo de medida.
 - PDOP: medida de la incertidumbre de la posición debida a la geometría de los satélites.
 - HDOP: suministra la incertidumbre en la posición horizontal.
 - VDOP: suministra la incertidumbre en la posición vertical.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

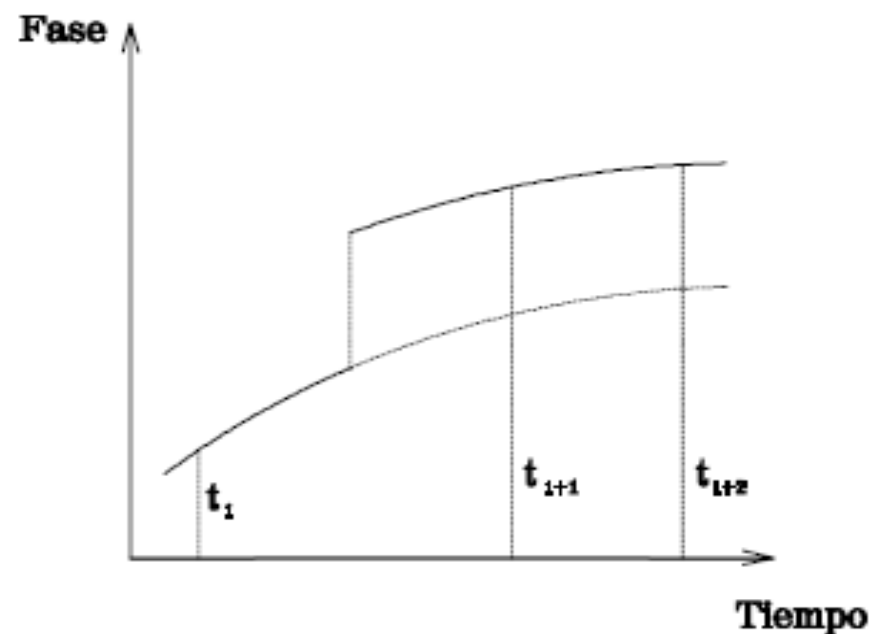
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

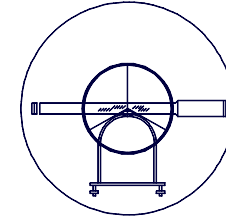
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.3.- ERRORES GPS

DETECCIÓN Y REPARACIÓN DE LAS PÉRDIDA DE CICLO

- Si en un momento dado se pierde la portadora y se recupera posteriormente, el contador que controla cuando la fase pasa de 0° a 360° sufre un salto no registrado que será un determinado número de ciclos, denominándose a esta circunstancia pérdida de ciclo o “cycle slip”.





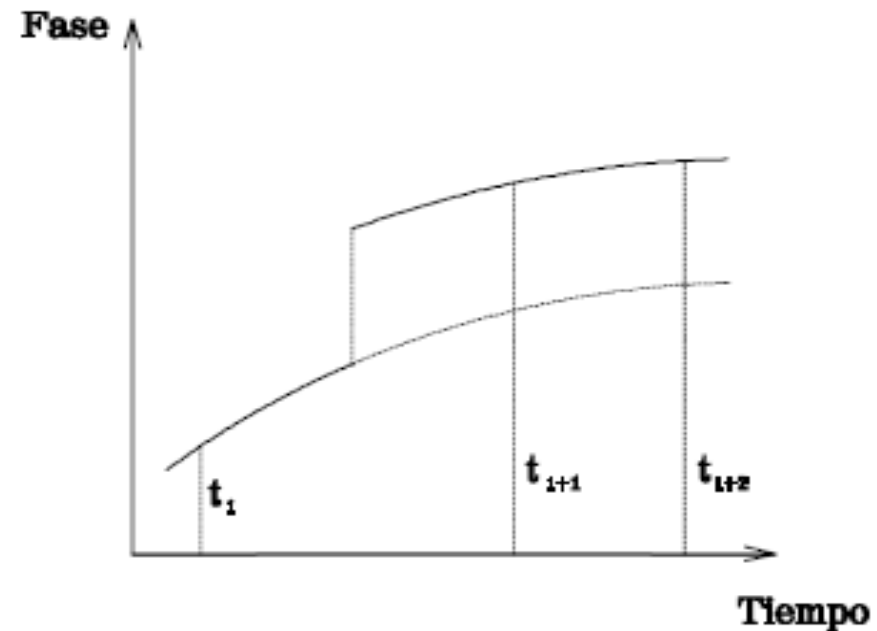
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.3.- ERRORES GPS

DETECCIÓN Y REPARACIÓN DE LAS PÉRDIDA DE CICLO

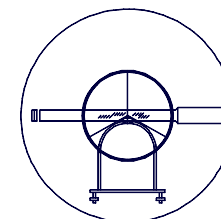
- Pérdidas debidas a la falta de señal del satélite (árboles, edificios, etc.).
- Ruido en la señal debido a malas condiciones ionosféricas, efecto multicamino, movimiento del receptor con inclinación de la antena o baja elevación del satélite.
- Fallo en el software del receptor.





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.3.- ERRORES GPS

DETECCIÓN Y REPARACIÓN DE LAS PÉRDIDA DE CICLO

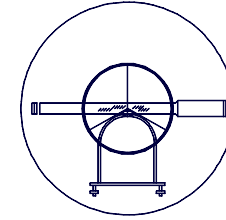
DATOS DISPONIBLES	VALORES DE TEST	
	UNA ESTACION	DOS ESTACIONES
Fase en una portadora (L1 ó L2)	Combinación de fase (residuo atmosférico)	Simple diferencias
Fase en dos frecuencias (L1 y L2)		Dobles diferencias
Fase en una frecuencia y distancia calculada		Triples diferencias
		Combinación de dobles diferencias y distancia calculada

Valores de test habituales.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.3.- ERRORES GPS

DETECCIÓN Y REPARACIÓN DE LAS PÉRDIDA DE CICLO

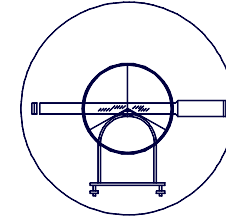
– CONSIDERACIONES EN OBSERVACIONES CINEMÁTICAS:

- **En posicionamientos cinemáticos, observaciones RTK, al menos un receptor está en movimiento.**
- **Si se observan más de cuatro satélites y en algún momento existe una pérdida de ciclo de tal manera que cuatro de ellos no presentan problemas con su señal, ésta puede ser detectada y corregida respecto de los satélites remanentes.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

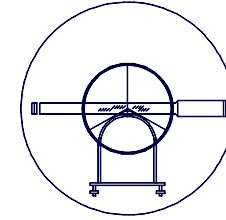
7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.4.- METODOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN

7.4.3.- ERRORES GPS

DETECCIÓN Y REPARACIÓN DE LAS PÉRDIDA DE CICLO

- CUANTIFICACIÓN Y CORRECCIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE CICLO:

- **Métodos de interpolación: modelización del valor de test en el entorno (antes y después) de la pérdida de ciclo.**
- **Métodos de predicción : predicción para una cierta época del valor de test en función de los anteriores. Filtrado de Kalman.**
- **Métodos de combinación de diferencias.**



7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.5.- EQUIPOS Y PRECIOS GPS

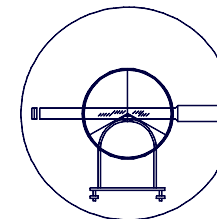


GPSMAP 60

GPSMAP 60
GPS mapas

El GPSMAP 60 es la solución para quien busque un posicionamiento GPS preciso para navegación terrestre y marina a bajo coste con un nivel alto de detalle. El GPSMAP 60 tiene 24 MB de memoria interna que podemos utilizar para transferir al equipo mapas detallados marinos (BlueChart) y terrestres (City Select). También incluye un mapa base internacional con capacidades de ruta automática. La cartografía City Select, incluida en un Kit de automoción opcional, convierte al GPSMAP 60 en un práctico navegador de coche con capacidad de auto-ruta mediante indicaciones giro a giro sin voz.

Código	Descripción	Euros
300413	GPSMAP 60	430



7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.5.- EQUIPOS Y PRECIOS GPS



Mobile Mapper

Programa de campo.

Combina las funciones para adquisición de datos GIS con todas las posibilidades de navegación. El potencial para almacenamiento de datos GIS, incluye:

Librerías de características GIS, para almacenamiento de descripciones de características.

Registro de datos: punto, línea y área.

Función offset, para registrar datos de difícil acceso.

GPS Mobile Mapper

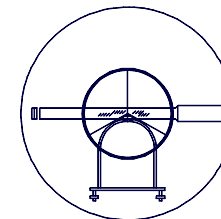
MobileMapper es un receptor para aplicaciones GIS.

Soluciones Cartográficas. Combina en un moderno receptor portátil GPS el potencial para adquisición de datos GIS conjuntamente con un programa completo de navegación. Cuenta con una potente aplicación de apoyo para facilitar la consulta de datos, su edición y exportación.

El equipo incluye:

Receptor GPS de 12 canales, con tecnología SIRF. (2 canales para la recepción de EGNOS). Precisión en la medida 2-3 m. RSM. Pantalla gráfica y alfanumérica. Capacidad para captura de posiciones, entidades gráficas (punto, línea y área) y características alfanuméricas estructuradas. Muestra mapas en la pantalla. Compás interno. Software de carga y descarga de datos del receptor al PC. Mobile Mapper Office: software PC para Windows, permite visualización de datos tomados en campo y mapas de fondo. Compatible con formatos *.shp, *.mif, *.dxf, *.dgn. Tarjeta de memoria de 16 Mb.

Código	Modelo	Descripción	Euros
300238	GPS MobileMapper. Incluye: receptor		1550
		GPS, software Mobile Mapper Office, cable de datos y tarjeta de memoria de 16 Mb.	
300263	GPS MobileMapper CE		Consultar
Accesorios			
310366	Tarjeta de memoria SD 128 Mb		90
310367	Funda de sujección		25
310368	Kit de baterías recargables con cargador		120
310369	Cable de alimentación batería de coche		30
310370	Cable de datos y energía		42
310371	Soporte para la consola del vehículo		60
300381	Módulo post/proceso MobileMapper		650



7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.5.- EQUIPOS Y PRECIOS GPS



EPOCH 10

Sistema GPS monofrecuencia de Spectra Precision

Una solución única de receptor topográfico integrado GPS L1 y colector de datos robusto, que proporciona:

El sistema operativo estándar de la industria Microsoft® Windows Mobile™ que satisface sus necesidades a la vez que le permite administrar y desarrollar su negocio

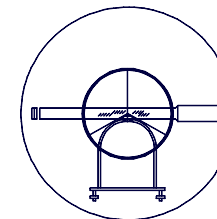
Rendimiento robusto en el campo para las difíciles condiciones del trabajo topográfico diario

Tecnología Spectra Precision GPS que ofrece fiabilidad, calidad y confianza

OFRECE LA MÁXIMA PRODUCTIVIDAD

Como topógrafo profesional, nunca sabe lo que va a exigirle el próximo trabajo. Pero con el sistema Spectra Precision EPOCH 10 GPS estará preparado para cualquier cosa. La gama de productos EPOCH de Spectra Precision ofrece una excepcional velocidad, precisión y fiabilidad. Diseñado para satisfacer las necesidades de los topógrafos de todo el mundo, el sistema EPOCH 10 GPS es el más económico y ofrece la máxima productividad y precisión. El sistema EPOCH 10 GPS es una solución topográfica de postprocesamiento GPS L1 totalmente integrada. Combina un receptor y una antena GPS L1, un robusto colector de datos, y software de oficina y de campo fácil de usar. El sistema EPOCH 10 GPS le ofrece la posibilidad de ejecutar trabajos de control de precisión subcentimétrica, establecer un nuevo control local y permite que usted genere sus propias redes topográficas. El sistema funciona sin la necesidad de disponer de intervisibilidad entre puntos, y puede operar durante el día o por la noche bajo cualquier tipo de condición meteorológica, por lo que ofrece una productividad superior a la de las técnicas tradicionales de poligonal óptica. El software de campo que controla el sistema EPOCH 10 GPS realiza el procesamiento mediante técnicas de topografía GPS estáticas sobre líneas base cortas y medias de una forma rápida y sencilla. El software se ha diseñado para que los usuarios puedan aprender a utilizarlo con gran facilidad y alcanzar la máxima productividad en el menor tiempo posible. Esto permite que los operadores GPS de campo aprendan a usar el sistema correctamente y maximicen el tiempo de actividad.

Descripción	Euros
1 Equipo GPS monofrecuencia L1 Epoch 10	Consultar
COMPUESTO DE:	
2 Receptores GPS L1 Spectra Precision	
2 Recon (libreta de campo)	
2 Antenas L1	
2 Cables antena	
2 Cintas métricas	
2 Soportes trípode	
2 Adaptadores módulo GPS	
2 Bolsas azules	
1 Software de la aplicación	
1 Trípode de aluminio extensible con palanca	
1 Base nivelante con plomada óptica	
1 Adaptador base nivelante-prisma	
1 Bastón de grafito de 2m con bolsa	
1 Mordaza para Recon	
1 Soporte univ. libreta Recon	
1 Trípode de pinzas	



7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.5.- EQUIPOS Y PRECIOS GPS



Settop AL-102

Settop AL-102

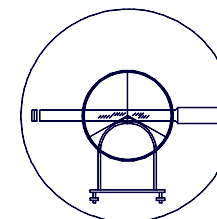
GPS RTK Doble frecuencia

- GPS RTK Doble frecuencia de precisión centimétrica
- Diseño ergonómico, compacto y ligero
- Bluetooth, tecnología inalámbrica
- Tarjeta de memoria SD postproceso
- Comunicación telemétrica por radioenlace
- Acceso a redes VRS mediante GPRS
- Controladora entorno Windows CAD incluido
- Software específico de ingeniería y obra civil
- Equipo móvil totalmente sin cables

Intuitivo, competitivo y profesional

Equipo L1/L2 de solvencia contrastada de precisión centimétrica le permite trabajar en RTK fiablemente gracias a su exclusivo sistema Pulse Aperture Correlator TM (PAC) que permite eliminar virtualmente el efecto multipath. La base compuesta por el modelo ProPak de Novatel proporciona la máxima protección, para trabajar en cualquier condición, gracias a sus características y componente de alta confianza.

Descripción	Euros
1 Receptor GPS doble frecuencia RTK mod. AL-102 MÓVIL	Consultar
1 Receptor GPS doble frecuencia RTK mod. AL-102 BASE	
Placas OEM V-2 RTW	
Código de activación RTK L12 VRS	
1 Antena GPS-702 doble frecuencia (para base)	
1 Antena GPS-702 doble frecuencia (para móvil)	
2 Baterías 12V/ 3,8 Ah	
1 Adaptador a batería	
1 Cargador/descargador 1201	
1 Cable comunicación auxiliar libreta	
1 Cable de PDL a batería	
1 Cable de batería a receptor GPS (base)	
1 Bolsa porta accesorios	
1 Radio modem 2w PDLLPB emisora (base emisora)	
1 Radio receptora PDLRXO, en móvil	
1 Antena ganancia unidad	
1 Adaptador a soporte para radio (base)	
1 Mordaza para Recon	
1 Soporte univ. libreta Recon	
1 Base nivelante con plomada óptica	
1 Adaptador base niv. a antena	
1 Bastón aplomador de carbono de 2 m.	
1 Trípode de aluminio con palancas	
2 Batería litio 7,2v para GPS	
1 Cargador para batería litio GPS con adaptador doble	
1 Libreta recon 400mhz, 128mb, Mobile 5.0. Bluetooth	
1 Tarjeta compact flash 512Mb	
1 Software de libreta SettopGPS	
1 Adaptador vertical 9cm.	
1 Antena de media fase	
1 Maleta de transporte compacta	



7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.5.- EQUIPOS Y PRECIOS GPS

CONFIGURACIÓN RTK MÓVIL	
300410	1 RECEPTOR GPS DOBLE FRECUENCIA RTK MOD. AL-102
410424	1 TARJETA OEMV-2-
300395	1 CODIGO RT2 SOFTWARE UPGRADE
310383	1 ANTENA GPS-702 DOBLE FRECUENCIA (PARA MOVIL)
310389	1 RADIO RECEPTORA PDLRXO, EN MOVIL
890140	1 BOLSA PORTAACCESORIOS
310505	1 MALETA DE TRANSPORTE COMPACTA
500034	1 LIBRETA RECON 400MHZ, 128Mb, MOBILE 5.0-BLUETOOTH
310483	1 TARJETA COMPACT FLASH 512MB
410166	1 BASTON APLOMADOR DE CARBONO DE 2 M.
410168	1 MORDAZA PARA RECON
410167	1 SOPORTE UNIV. LIBRETA RECON
310444	2 BATERIA LITIO 7,2V PARA GPS
310501	1 CARGADOR PARA 2 BATERIAS LITIO
510227	1 SOFTWARE DE LIBRETA SETTOPGPS
310484	1 ANTENA DE MEDIA FASE

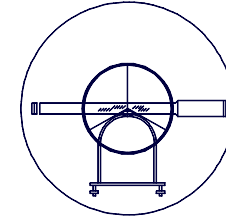
CONFIGURACION: RTK MOVIL CONEXIÓN NTRIP	
300410	1 RECEPTOR GPS DOBLE FRECUENCIA RTK MOD. AL-102
310424	1 TARJETA OEMV-2-
300395	1 CODIGO RT2 SOFTWARE UPGRADE
310383	1 ANTENA GPS-702 DOBLE FRECUENCIA (PARA MOVIL)
890140	1 BOLSA PORTAACCESORIOS
310505	1 MALETA TRANSPORTE COMPACTA
410166	1 BASTON APLOMADOR DE CARBONO DE 2 M.
310444	2 BATERIA LITIO 7,2V PARA GPS
310501	1 CARGADOR DOBLE PARA 2 BATERIAS LITIO
510227	1 SOFTWARE SETTOPGPS
	1 ANTENA GSM
310511	1 MODEM GSM
	1 TARJETA SIM GSM
500034	1 LIBRETA RECON 400MHZ, 128Mb, MOBILE 5.0-BLUETOOTH
410168	1 MORDAZA PARA RECON
410167	1 SOPORTE UNIV. LIBRETA RECON
310483	1 TARJETA COMPACT FLASH 512MB

CONFIGURACION: BASE	
300411	1 RECEPTOR GPS DOBLE FRECUENCIA RTK MOD. (INTEGRADO)
300424	1 OEMV-2-
300395	1 Código RT2 Software Upgrade
310383	1 ANTENA GPS-702 DOBLE FRECUENCIA (PARA BASE)
310062	2 BATERIAS NIMH 3,8Ah
310201	1 ADAPTADOR BATERIA CON 2 SALIDAS
310462	1 CARGADOR/DESCARGADOR 1201 CON MINIDIN
310507	1 CABLE CONEXIÓN DE BATERIA A RADIO PDL
310508	1 CABLE CONEXIÓN DE ADAPTADOR BATERIA A GPS AL102
310509	1 CABLE RS232 AUXILIAR RECON GPS-GPS PC
890140	1 BOLSA PORTAACCESORIOS
310390	1 RADIO MODEM 2W PDLPS EMISORA (BASE EMISORA)
310400	1 ANTENA GANANCIA UNIDAD
310494	1 ADAPTADOR A TRIPODE PARA RADIO PDL
890070	1 BASE NIVELANTE CON PLOMADA OPTICA
410056	1 ADAPTADOR BASE NIV. A ANTENA
700044	1 TRIPODE ALUMINIO DE PALANCA PARA BASE
310505	1 Maleta estanca y rígida para equipo GPS
OPCIONAL: (PARA CONFIGURAR BASE)	
500034	1 LIBRETA RECON 400MHZ, 128Mb, MOBILE 5.0-BLUETOOTH
310483	1 TARJETA COMPACT FLASH 512MB
510227	1 SOFTWARE DE LIBRETA SETTOPGPS



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

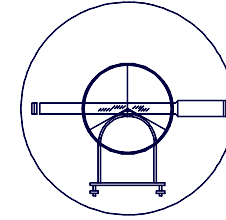


ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

7.5.- EQUIPOS Y PRECIOS GPS

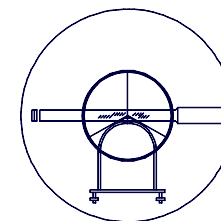




7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.6.- SUPUESTO PRÁCTICO

EJEMPLO

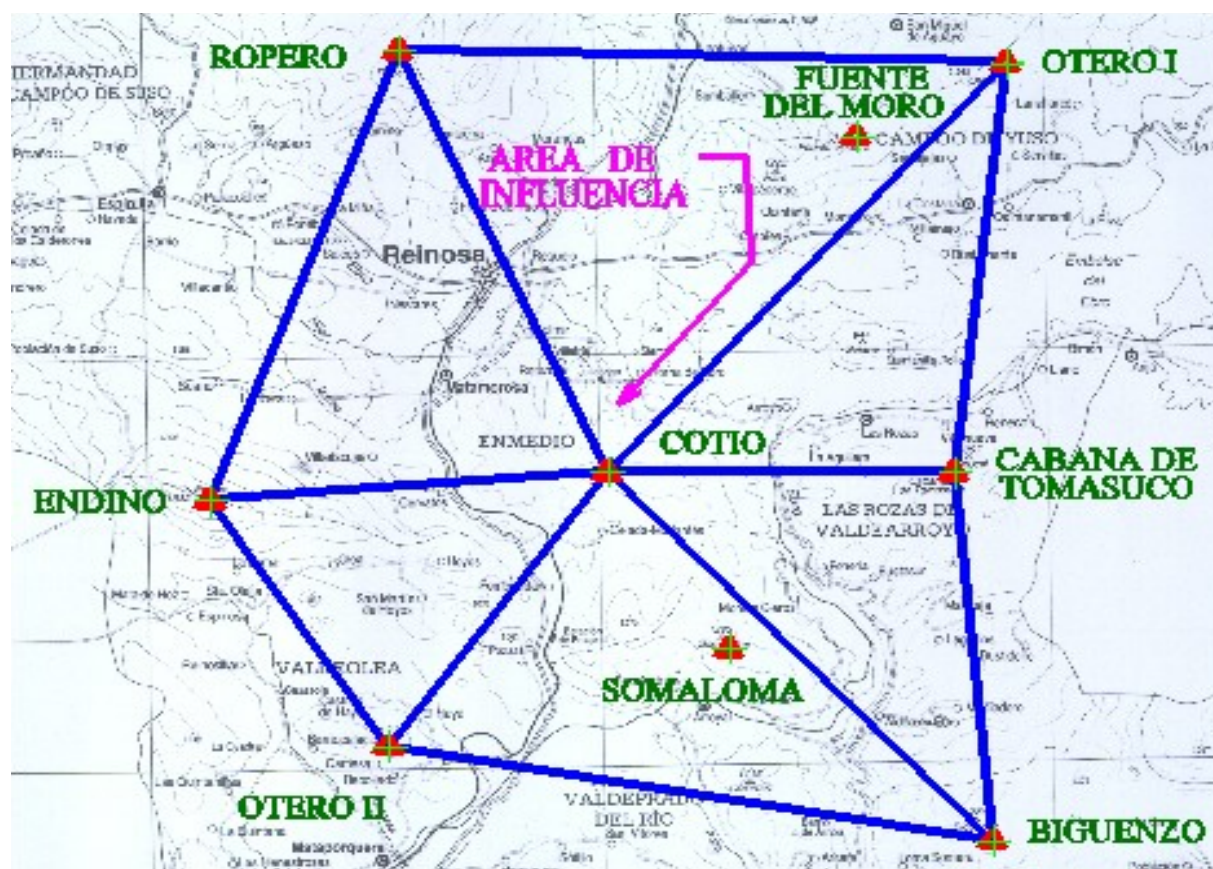


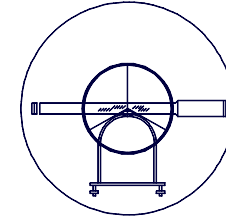


ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.6.- SUPUESTO PRÁCTICO

EJEMPLO

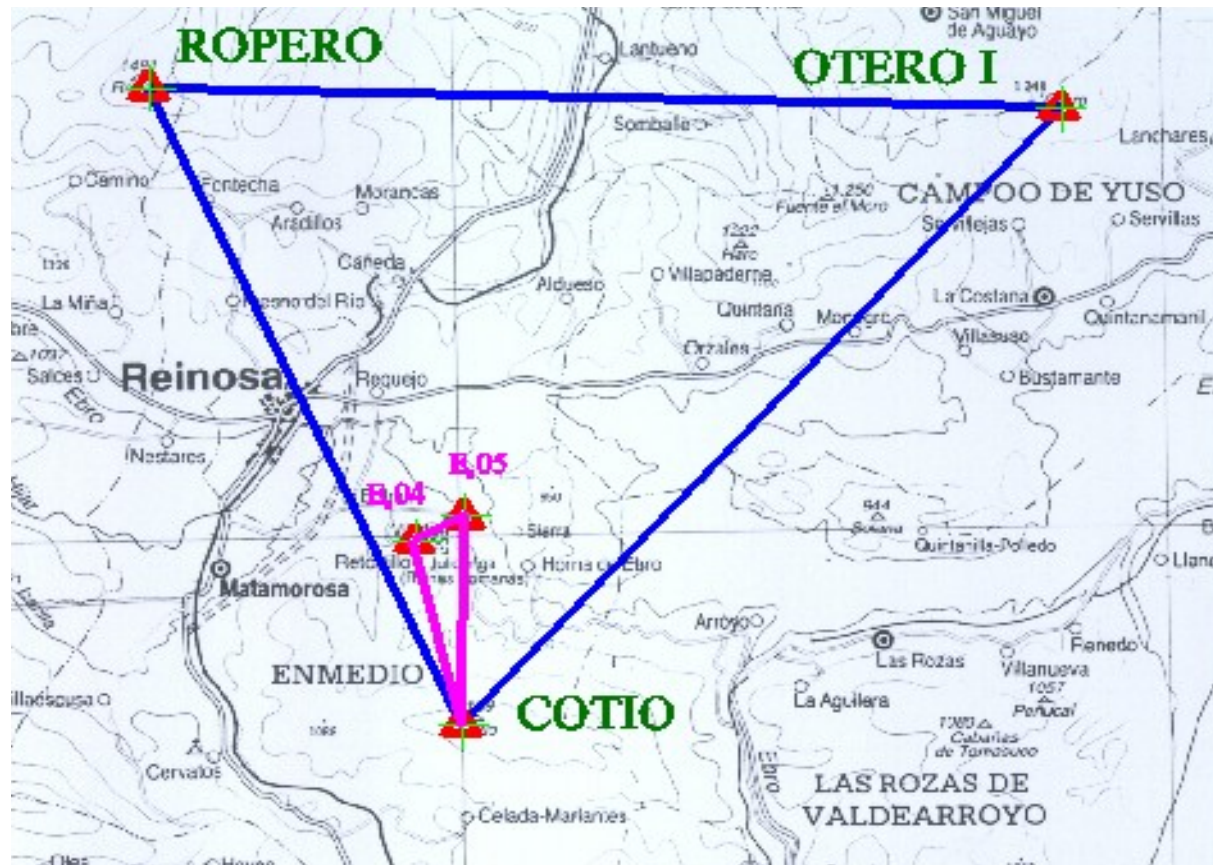


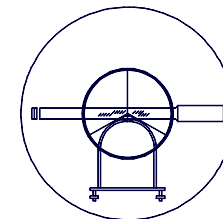


ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.6.- SUPUESTO PRÁCTICO

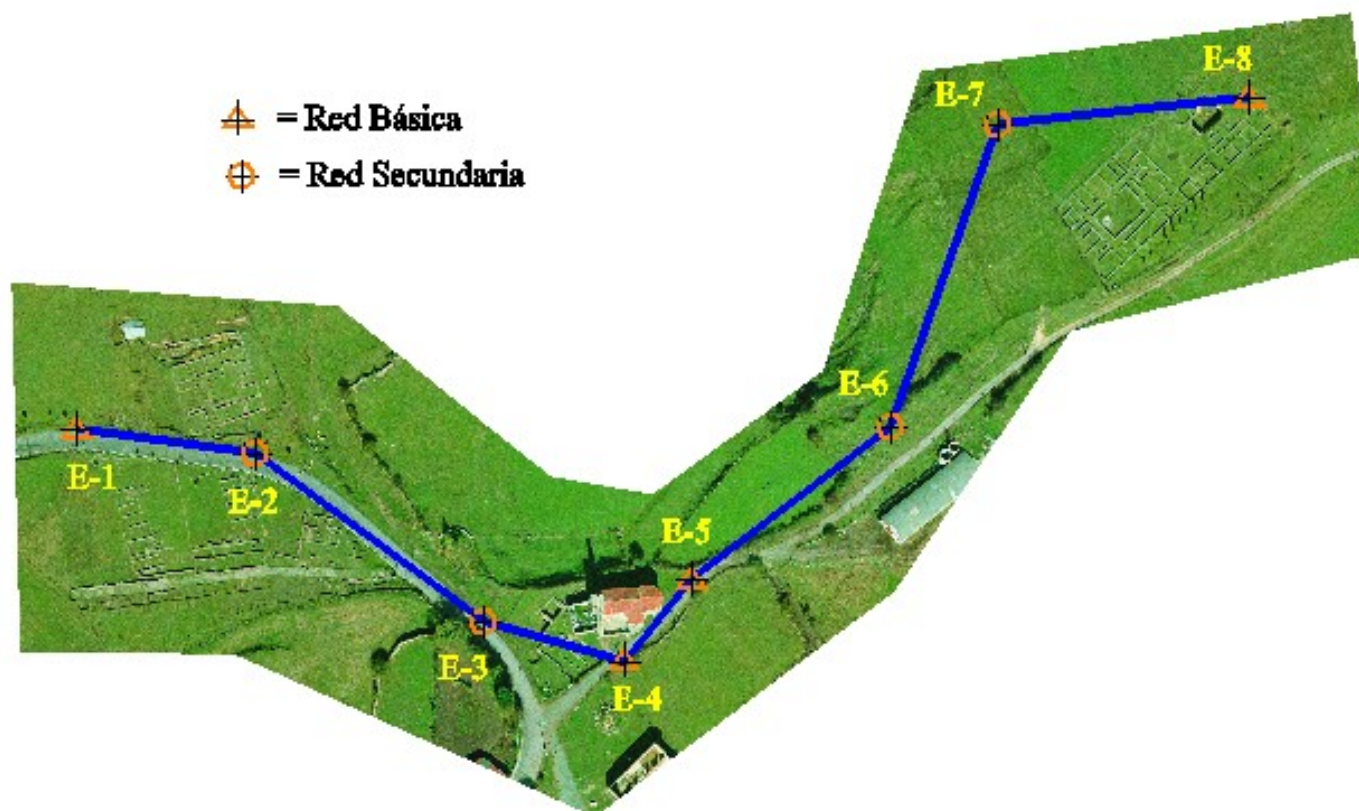
EJEMPLO

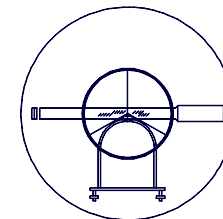




7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.6.- SUPUESTO PRÁCTICO

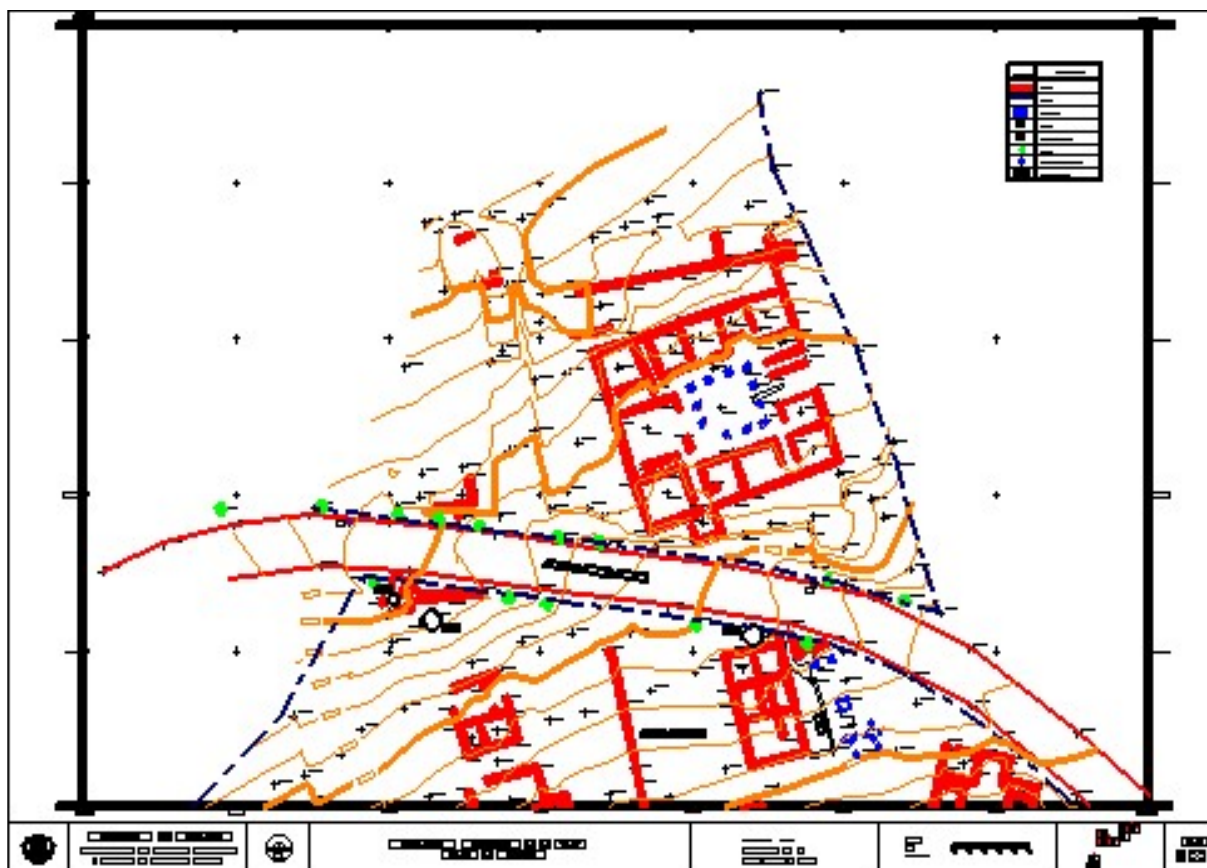
EJEMPLO

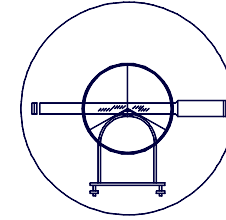




7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.6.- SUPUESTO PRÁCTICO

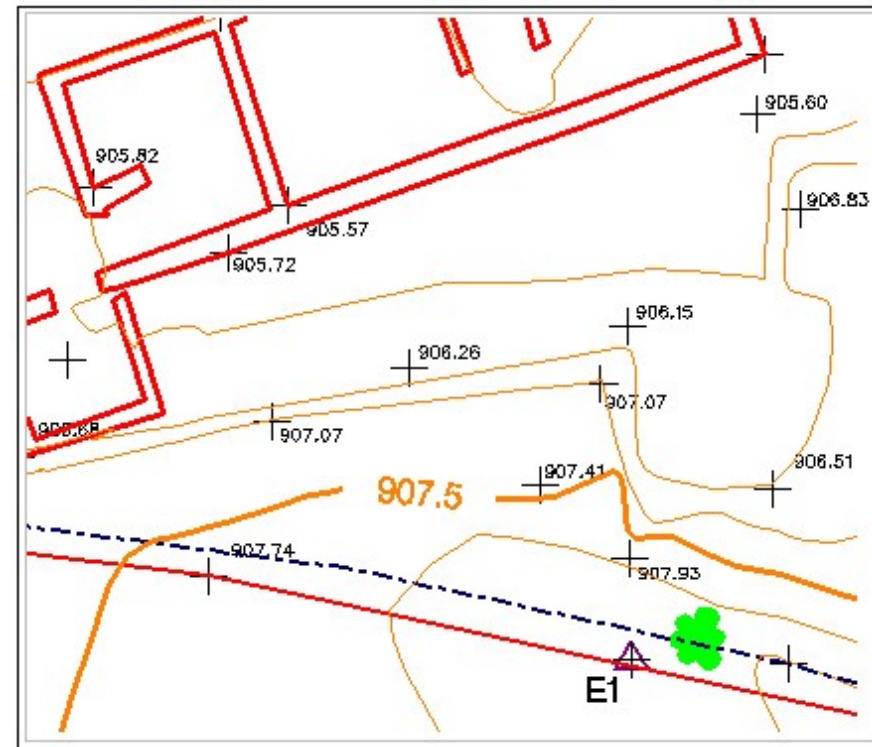
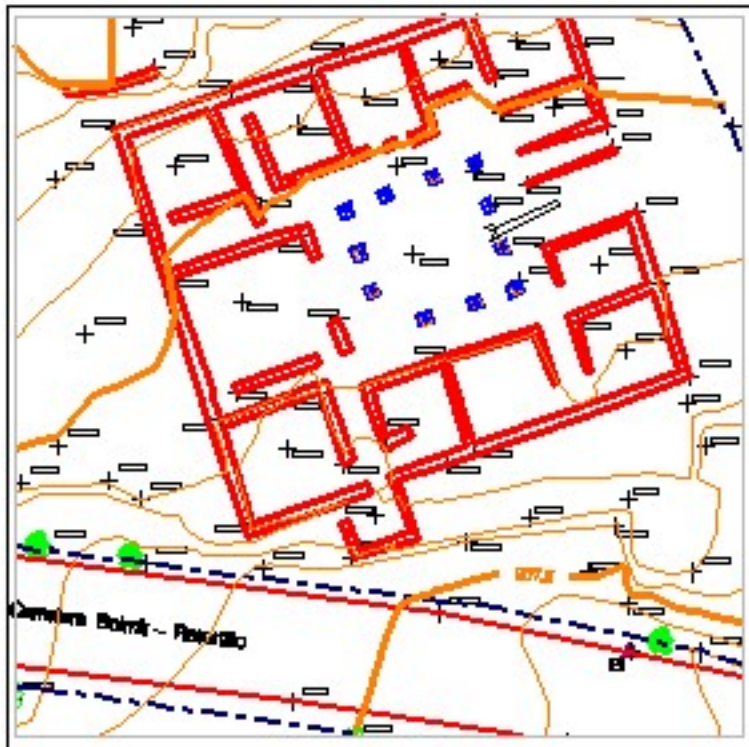
EJEMPLO

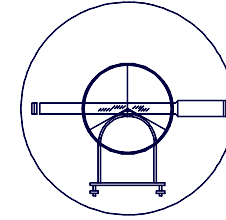




7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.6.- SUPUESTO PRÁCTICO

EJEMPLO





7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.6.- SUPUESTO PRÁCTICO

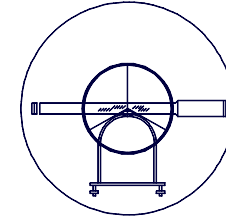
EJEMPLO





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

7.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
7.6.- SUPUESTO PRÁCTICO

EJEMPLO

