

TECNOLOGÍA GPS EN EL CONTEXTO DE LOS SIGs



**Prof. Miguel Castillo S.
Septiembre de 2008**

CONCEPTOS BÁSICOS

GPS : Global Positioning System

Término derivado del Navstar:
NAVigation Satellite with Time And Ranging

Base del GPS: Tiempo y Distancia

CONCEPTOS BÁSICOS

¿ para qué sirven ?

- Para posibilitar la obtención de coordenadas (ϕ, λ, h) + tiempo
- Para obtener cobertura global, en cualquier parte del mundo

Características básicas

- Servicio disponible a cualquier hora
- Precisiones nominales: +- 20m H; +-30m V
Valores típicos: +-10 (Navegador)

CONCEPTOS BÁSICOS

Segmentos del Sistema:

1.- El satélite

2.- El control: a base de estaciones emisoras y receptoras

3.- El usuario: se conecta indirectamente con el control

CONCEPTOS BÁSICOS

En 2D

$$D_1 = \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2}$$

$$D_2 = \sqrt{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2}$$

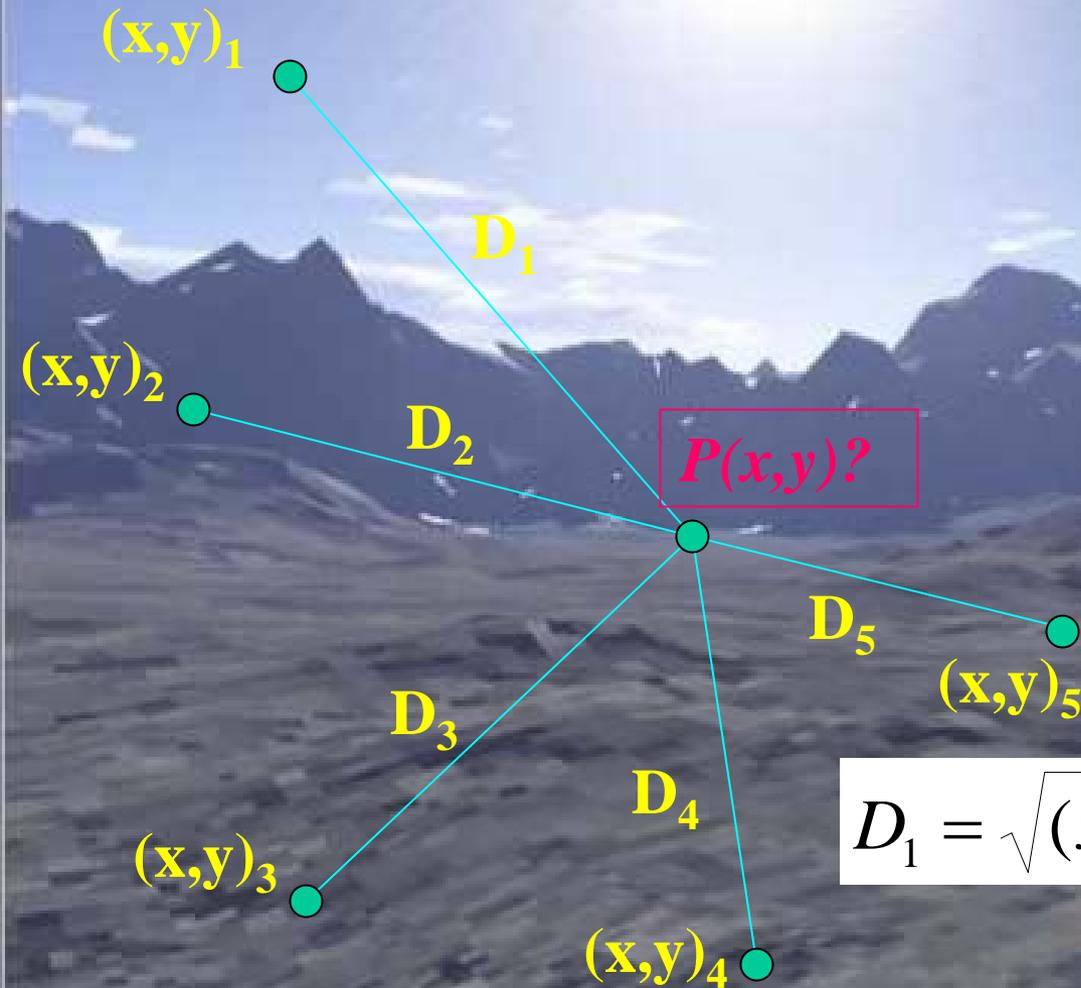
⋮

$$D_n = \sqrt{(x_n - x)^2 + (y_n - y)^2}$$

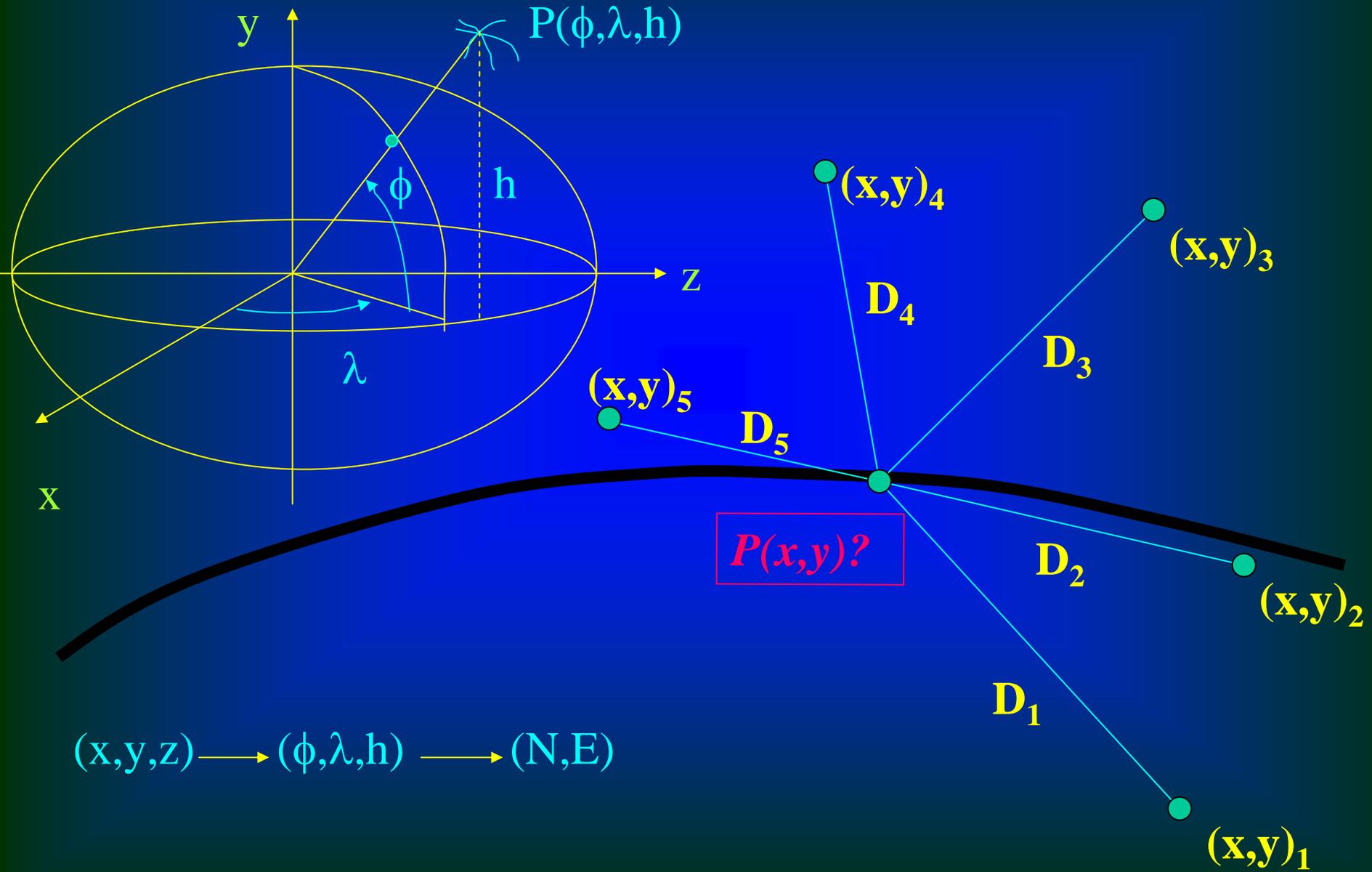
*Se crea un sistema de ecuaciones,
cuya solución se hace a través de
mínimos cuadrados*

En 3D

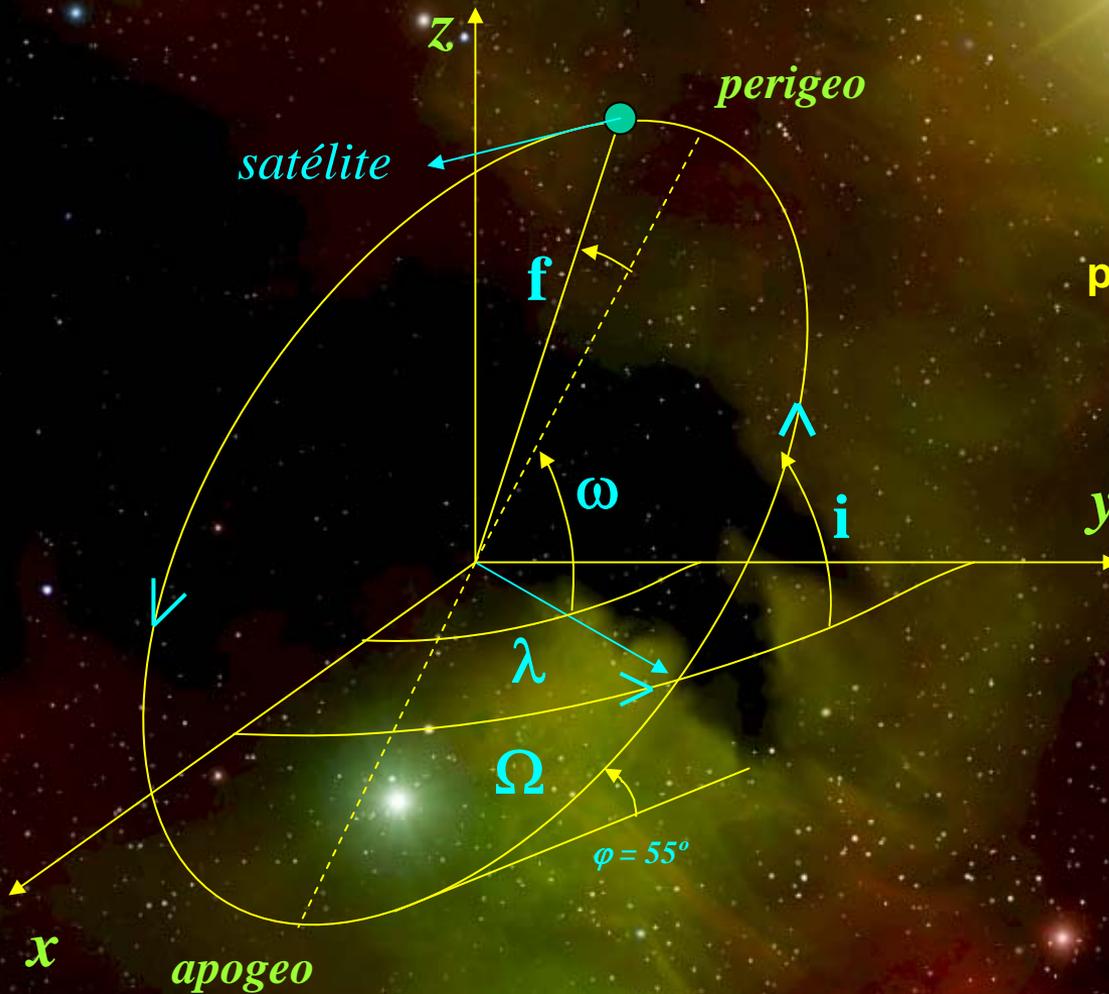
$$D_1 = \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2}$$



CONCEPTOS BÁSICOS



En el espacio.....



Existe una constelación compuesta por 28 satélites, orbitando a una altura de 22 km, con un período de 12 horas siderales.

Cada órbita elíptica se posiciona a 55 grados respecto al Ecuador, enviando en forma sincrónica, los parámetros de geoposicionamiento.

Punto en el espacio: 6 datos: $x, y, z, \Delta x, \Delta y, \Delta z$

Parámetros keplerianos

i = inclinación orbital
 Ω = ascensión recta del nodo

ascendente

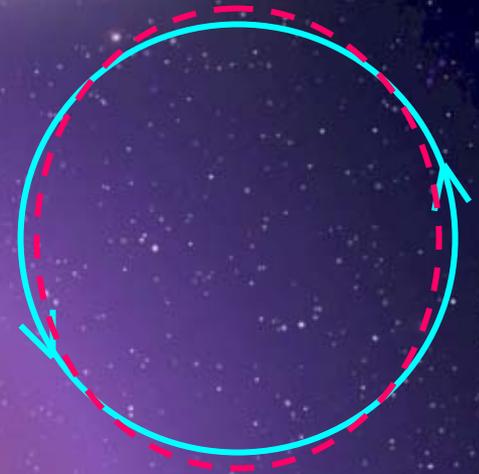
ω = argumento

f = anomalía

Los datos anteriores, luego son traspasados a coordenadas cartesianas geocéntricas, para un instante t

Respecto a la velocidad de órbita de los satélites:

La excentricidad de la tierra en WGS84, es de 20 km respecto a 6.380.000 km; por lo que la estimación de la velocidad del satélite, se asume respecto a una órbita circular



$$\begin{aligned} - P &= 2\pi R \\ R &= 117.800 \text{ km} / 12\text{hs} \\ v &= 14.800 \text{ km/h} = \sim 4,11 \text{ km/s} \end{aligned}$$

Cómo se acomodan las lecturas a la forma del geoide:

Se calculó un elipsoide que abarca toda la tierra: el GRS80, de modo que sus diferencias sean mínimas.

Este elipsoide se materializó en ITRS (International Terrestrial Reference System) a ITRFxx (International Terrestrial Reference Frame al año de vigencia) con coordenadas tetradimensionales (x,y,z,t).

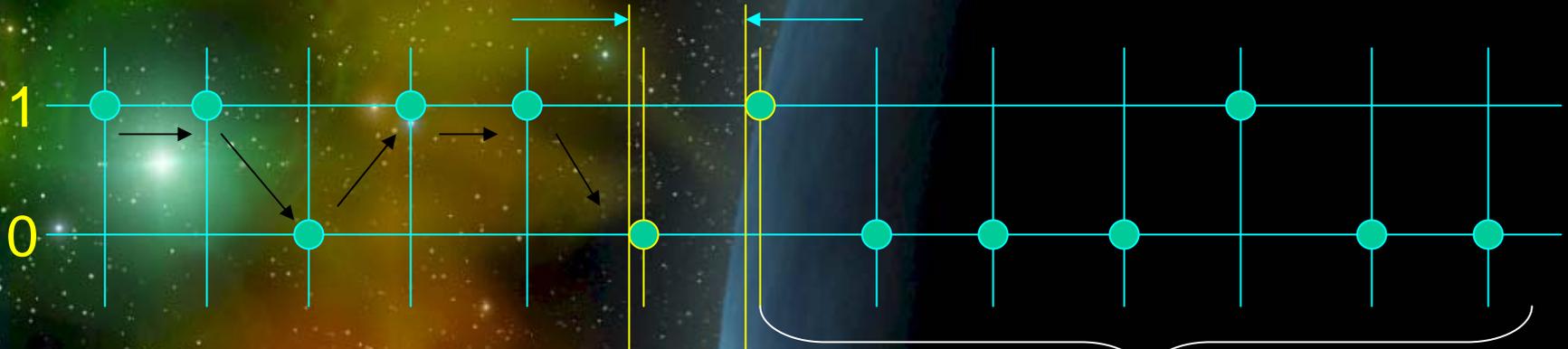
De este modo, en ITRF, América queda representada por el referencial SIRGAS, y Chile por SIRGAS-2000.

Veamos cómo se modula la señal:

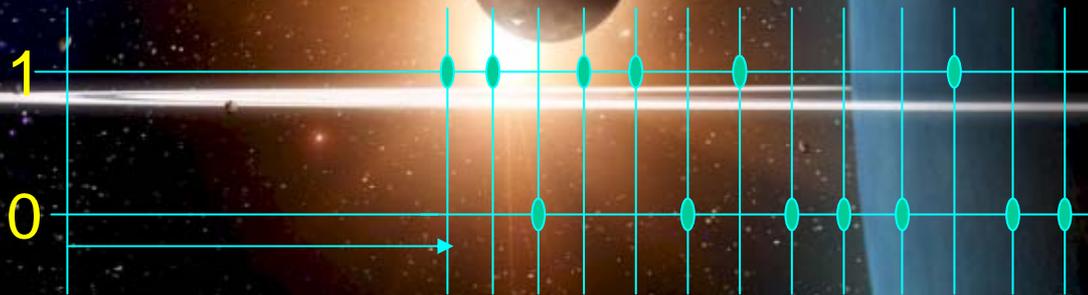
Modulaciones PRN (Pseudo Random Noise)

	Aplicaciones civiles C / A	Aplicaciones militares y espaciales P
f	1,023 MHz	10,23 MHz
λ	300 m	30 m
$d\lambda$ (0,001 λ)	0,3 m	0,03 m

Generación de pulsos en la señal

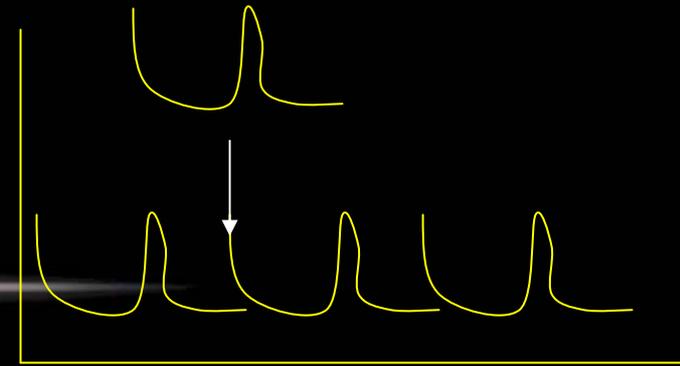


Retraso de la señal, en ms

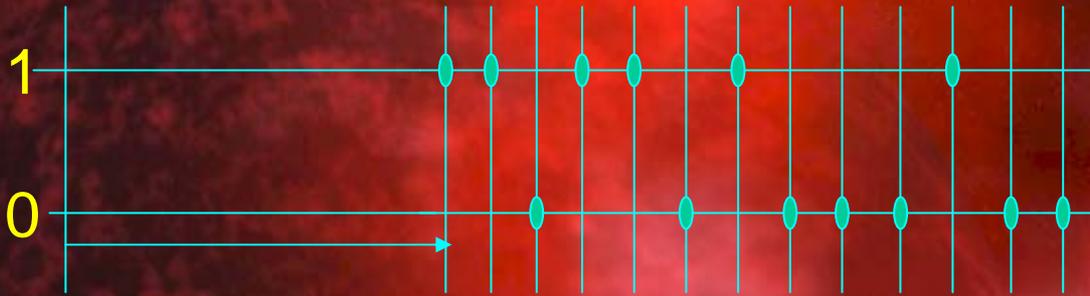


Se mide el retraso, y con ello, se determina la distancia ($v=d/t$)

Se cumple 1 ciclo de pulsos



En el cálculo de la distancia a través de pulsos, no hay que olvidar que está presente un factor de corrección "c"



Conforme al viaje de los pulsos a través del espacio, es posible calcular la pseudodistancia, de la siguiente forma:

$$SD = \rho + c dT_{\text{atómico}} + c dT_{\text{receptor}}$$

Ecuación de pseudodistancia básica para un navegador

¿ porqué al menos cuatro satélites ?

Respuesta: para dar solución al sistema de ecuaciones

$$SD_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2} + c\Delta t + c\Delta T_1$$

(4 incógnitas: x, y, z y Δt)

¿ qué satélites se escogen ?

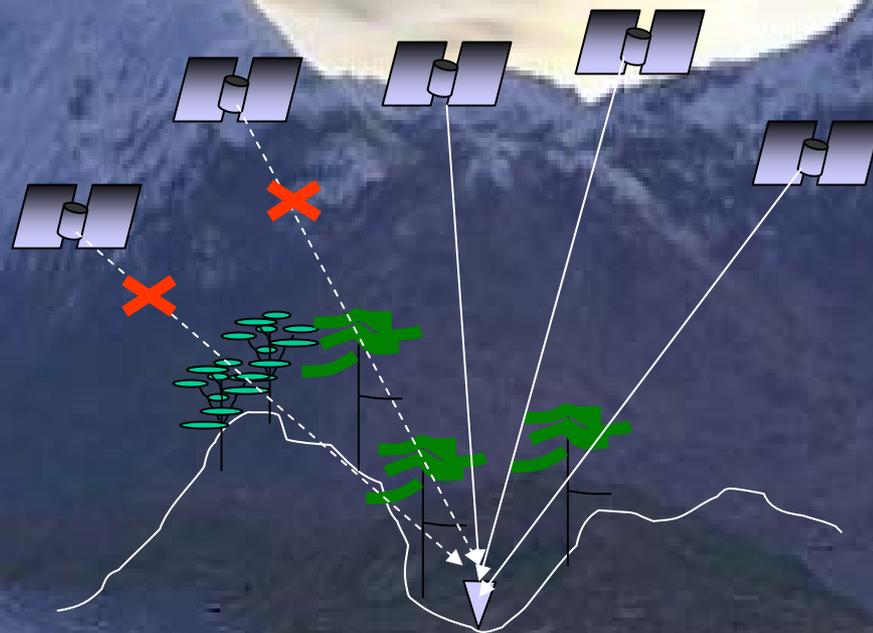
Respuesta: conforme a la calidad geométrica de la constelación.

Este último aspecto depende esencialmente del **PDOP**, o dilución de la precisión, entendido en el concepto de la propagación del error

**El PDOP es un indicador adimensional de dilución en la señal.
Su valor condiciona la calidad de ésta en el receptor.**

**Indudablemente, la posición
topográfica juega un rol
importante en la variación de
este parámetro.**

PDOP < 4 : buena señal
4 < PDOP < 6 : señal aceptable
6 < PDOP < 8 : señal regular
PDOP > 8 : mala señal



**La señal se interrumpe cuando el
número de satélites es inferior a 4, dado
que no puede resolver la ecuación**

Datos importantes al usar un GPS:

Un GPS NO es una brújula !!. Lo que entrega, es el Norte GEODÉSICO, que es en definitiva, el verdadero Norte

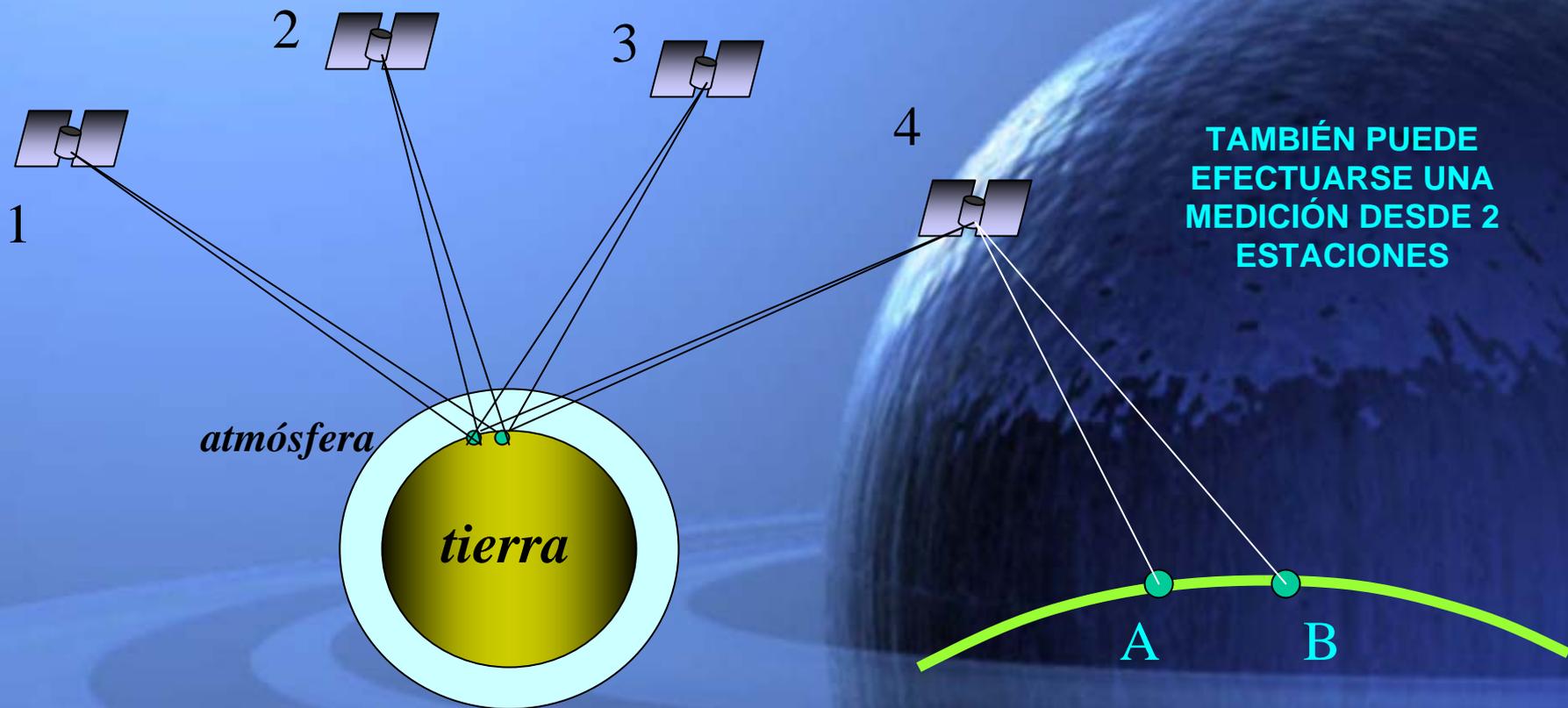
Lo que la brújula entrega, es el acimut

En definitiva: en terreno, hay que creerle al GPS, no a la brújula. Si no dispone de un navegador, puede hacer las correcciones a través de las ecuaciones de convergencia meridiana.

Los errores: una suma invisible.

Posición del satélite:	+ - 3m
Medición de SD	+ - 0,5 m
Reloj atómico	+ - 10 m
Refracción atmosférica	+ -10 a 20 m
TRANSFORMACIÓN DE DATUM	+ - 40 m

Un GPS diferencial, o DGPS. Algo más avanzado.

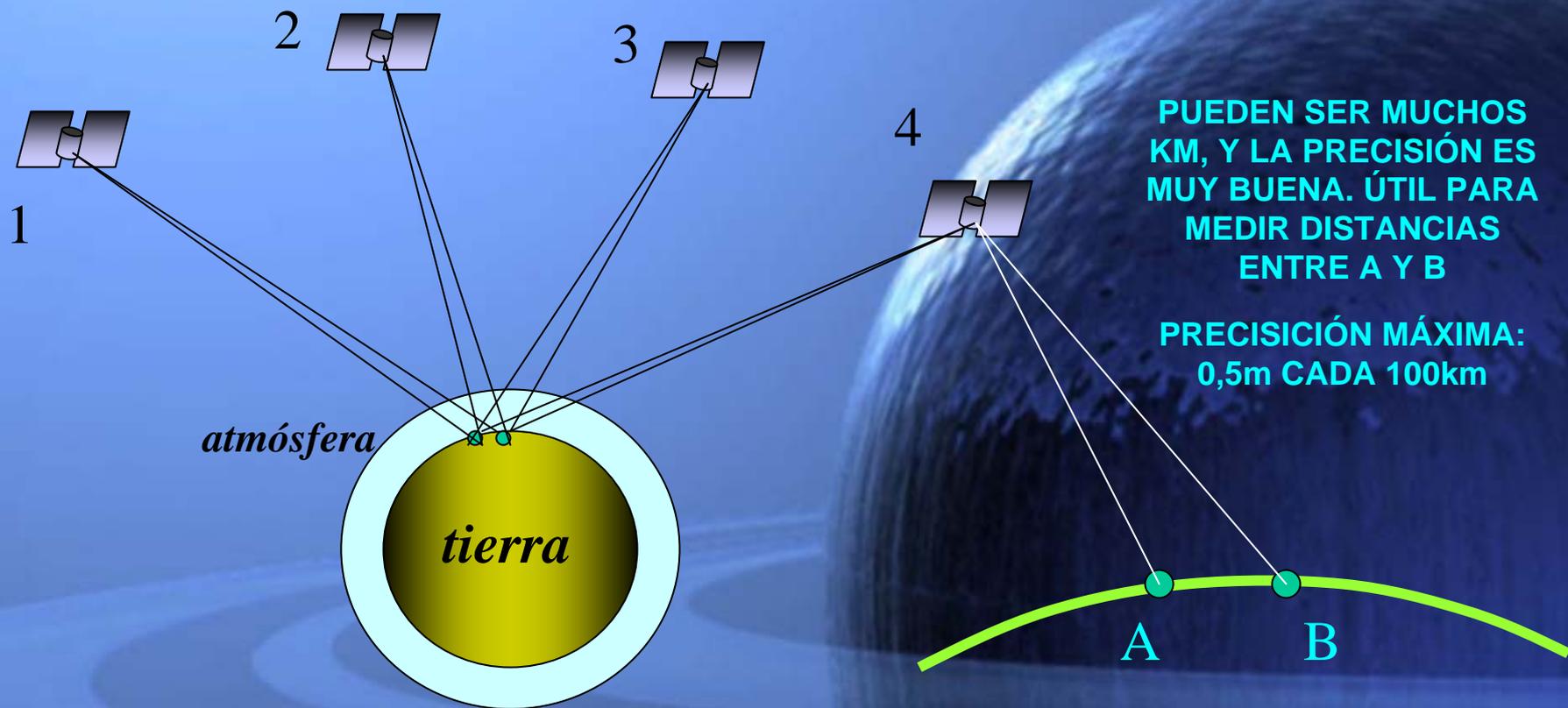


Si "S" es el satélite 1,2,3,4; entonces:

$$SD_A = \sqrt{(x_A - x_S)^2 + (y_A - y_S)^2 + (z_A - z_S)^2} + c\Delta t_A + c\Delta T_S \quad S=1,\dots,4$$
$$SD_B = \sqrt{(x_B - x_S)^2 + (y_B - y_S)^2 + (z_B - z_S)^2} + c\Delta t_B + c\Delta T_S$$

Por lo tanto, se obtienen 4 ecuaciones con 4 incógnitas, tanto para el punto A como el B

Un GPS diferencial, o DGPS. Algo más avanzado.



- ❖ Este procedimiento, permite una corrección a la pseudodistancia.
- ❖ Este proceso NO lo hace un navegador común y corriente. Lo hace en forma conjunta 2 receptores DGPS; llamados también GPS diferenciales.
- ❖ Un DGPS no solo toma x,y,z a máxima precisión. Además captura el atributo, por lo cual su uso está orientado al manejo de un diccionario de datos (como en los SIGs vectoriales)

Existen equipos GPS que trabajan en forma autónoma, es decir, sin corrección. Las precisiones llevan a 15 – 20 m de error.

Esta precisión (15-20m) es adecuada para aplicaciones en cartografías escalas 1:10.000, 1:20000. NO es aplicable para escalas 1:5000.

Si se trabaja con cartografía a pequeña escala (50.000, 25.000), no tiene sentido usar un GPS diferencial. Mejor usar uno autónomo (error 15-20m)

En Consecuencia:

GPS

**Frecuencia P
simple**

**Aplicac.
Topográficas**

**Fase + código: $5\text{mm} \pm 2 \text{ ppm}$
(submétrico)**

Mapping

Fase + código: $30\text{cm} \pm 2 \text{ ppm}$

En ambos casos, las coordenadas cartesianas pasan a los parámetros de transformación del receptor, luego a coordenadas geodésicas, para luego proyectar el geoide en UTM.

	C/A (en código binario por pulsos)
Autónomo	Menos preciso (navegador)
Diferencia I	Más preciso (DGPS)

L1	L2
C/A	No se transmite
$\phi_1(t)$	$\phi_2(t)$

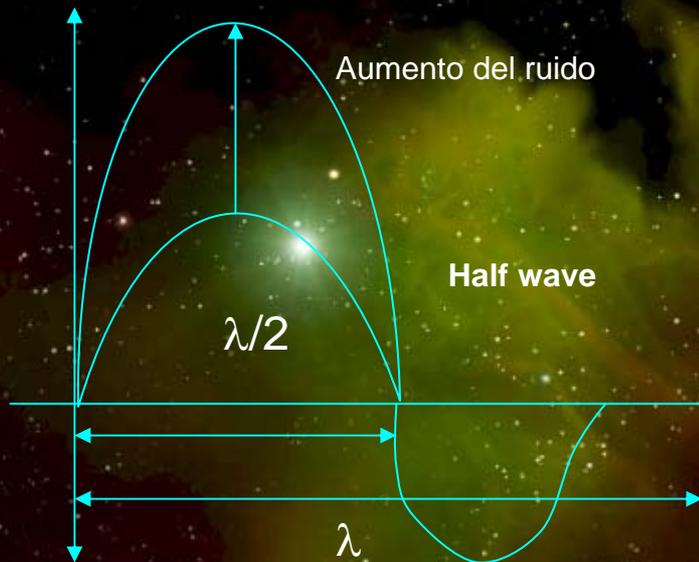
Cálculo de la fase ϕ :

$$\phi_1(t) = \mathbf{AP}(t) \omega(t) \mathbf{D}(t) \cos(\omega t + \phi) + \mathbf{A} \mathbf{c}(t) \mathbf{D}(t) \sin(\omega t + \phi)$$

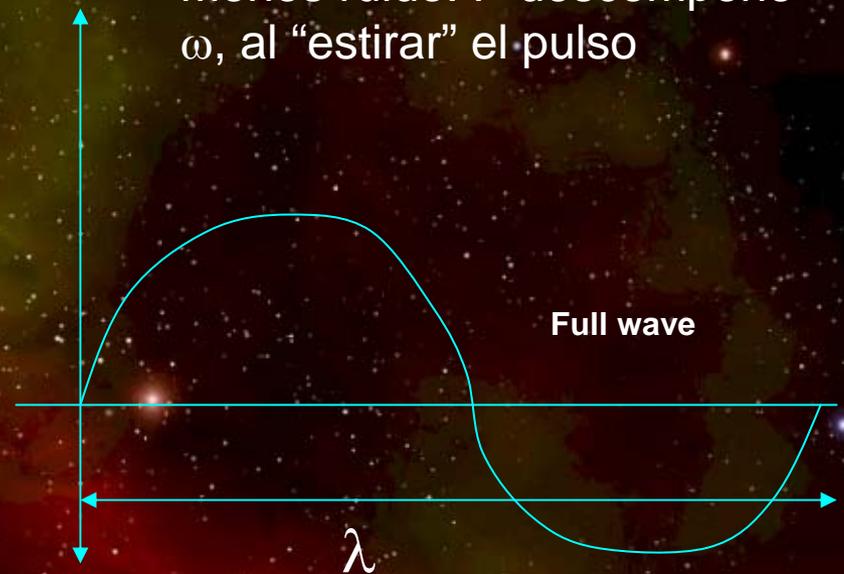
$$\phi_2(t) = \mathbf{BP}(t) \omega(t) \mathbf{D}(t) \cos(\omega t + \phi)$$

Para medir las fases, es necesario descomponer las ecuaciones. Aquí, P es desconocido (está encriptado), al igual que ω .

Para resolver la ecuación, se descomponen $AP(t) \omega(t) D(t)$ mediante técnicas de extracción para las fases L1 y L2. Para ello existen 2 métodos: por cuadratura matemática, ó correlación cruzada



Menos ruido. P descompone ω , al "estirar" el pulso



Equipos más avanzados: GPS geodésicos

Existe un sistema de ecuaciones a resolver, que trabajan sobre las diferencias en distancias (ejemplo del punto A y B), en cuyo caso, lo que entrega un receptor geodésico no son coordenadas, sino, diferencias de coordenadas.

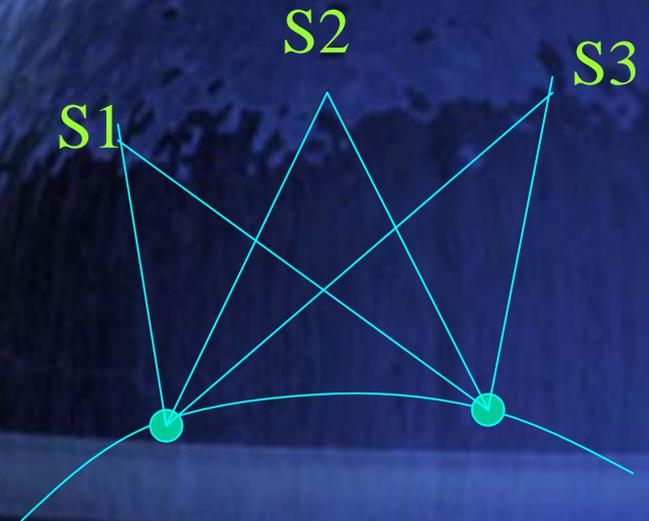
La gran ventaja de estos equipos, es que sus mediciones no están “amarrados” a un sistema de referencia, pues trabajan directamente sobre vectores espaciales

En cada pasada del satélite, se agrega una nueva ecuación al sistema:

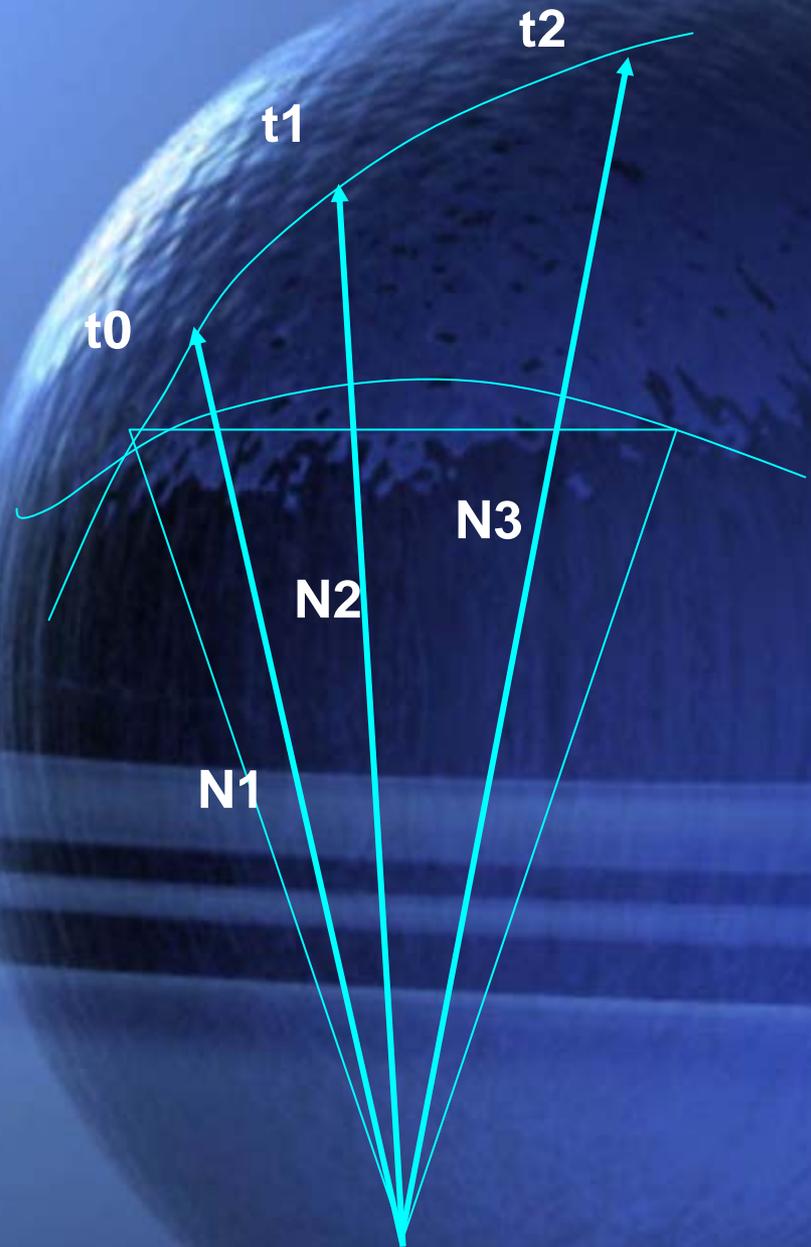
$$\Delta \nabla \phi_{AB(1,2)} = \Delta \phi_{AB(1)} - \Delta \phi_{AB(2)}$$

$$= \rho_{A(1)} - \rho_{B(1)} - \rho_{A(2)} - \rho_{B(2)} + \lambda [NB_{(1)} - NA_{(1)} - NB_{(2)} + NA_{(2)}]$$

$$\begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + \lambda [\Delta N_{AB(1)} - \Delta N_{AB(2)}]$$



LA calidad de la posición final dependerá de las posiciones base, y de la velocidad de toma de datos (por el tiempo involucrado en resolver el sistema de ecuaciones). También dependerá de la refracción troposférica y ionosférica



Respecto a L1 y L2:

L1 trabaja a 1,5 Ghz; L2 a 1,2 Ghz ¿de qué sirve saber esto?

Básicamente la respuesta está dada por el “ruido” en la señal

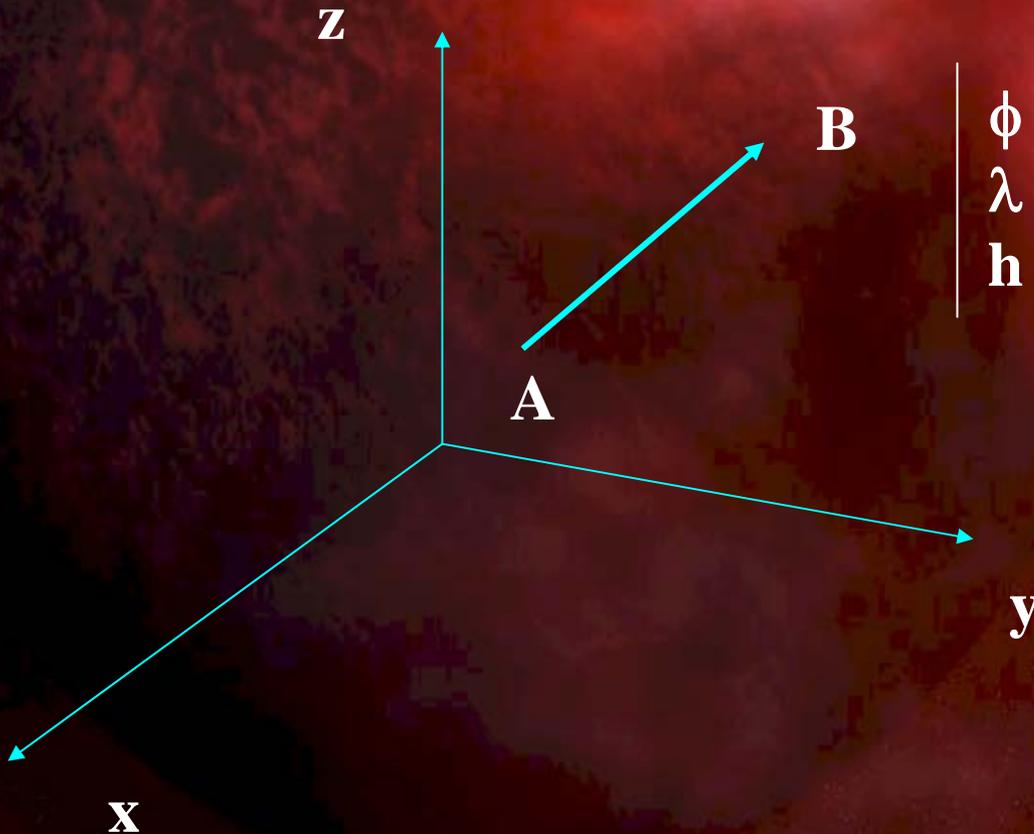
Estos parámetros vienen especificados en los equipos, e implica grandes diferencias en precio de adquisición.

Si se quiere mayor rapidez: puede comprarse un equipo que trabaje a ambas frecuencias, pero logrará un señal menos precisa

Si se quiere mayor precisión: puede comprarse un equipo que trabaje sólo a L2. Es más lenta la entrega, pero más precisa.

Como corolario final:

De todo este proceso, sale como resultado Δx , Δy , Δz , entre dos estaciones A y B.



$$\begin{vmatrix} \phi \\ \lambda \\ h \end{vmatrix} \begin{vmatrix} X \\ Y \\ Z \end{vmatrix}_A + \begin{vmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} X \\ Y \\ Z \end{vmatrix}_B$$

... Aquí está el dato más importante.....

