
CARTOGRAFÍA Y ORIENTACIÓN

Inmaculada March Leuba
Licenciada en Geografía

SUMARIO:

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | INTRODUCCIÓN..... | 5 |
| 2. | LOS SISTEMAS DE PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA | 6 |
| 3. | LOCALIZACIÓN: CÁLCULO DE COORDENADAS | 7 |
| 3.1 | COORDENADAS GEOGRÁFICAS | 8 |
| 3.1.1. | <i>Cálculo de coordenadas geográficas en el mapa E 1:50.000.....</i> | <i>9</i> |
| 3.1.2. | <i>Cálculo de coordenadas geográficas en el mapa E 1:25.000.....</i> | <i>10</i> |
| 3.2. | COORDENADAS UTM | 10 |
| 3.2.1. | <i>Cálculo de coordenadas UTM en el mapa topográfico</i> | <i>11</i> |
| 4. | LECTURA DE MAPAS..... | 13 |
| 4.1. | MEDIR DISTANCIAS EN EL MAPA Y EN EL TERRENO | 13 |
| 4.1.1. | <i>LA ESCALA. MEDIR DISTANCIAS EN EL MAPA</i> | <i>13</i> |
| 4.1.2. | <i>MEDICIÓN DE DISTANCIAS EN EL TERRENO.....</i> | <i>14</i> |
| 4.1.2.1. | <i>Talonamiento</i> | <i>14</i> |
| 4.1.2.2. | <i>Medir media/larga distancia</i> | <i>14</i> |
| 4.2. | <i>CÁLCULO DE ÁREAS</i> | <i>15</i> |
| 4.3. | INTERPRETACIÓN DE CURVAS DE NIVEL. CÁLCULO DE LA COTA Y DE PENDIENTES | 15 |
| 4.3.1. | <i>INTERPRETACIÓN DE LA REPRESENTACIÓN DEL RELIEVE: CURVAS DE NIVEL 15</i> | <i>15</i> |
| 4.3.2. | <i>CÁLCULO DE LA COTA</i> | <i>17</i> |
| 4.3.3. | <i>CÁLCULO DE PENDIENTES.....</i> | <i>17</i> |
| 5. | ORIENTACIÓN..... | 18 |
| 5.1. | ORIENTACIÓN CON EL MAPA..... | 18 |
| 5.1.1. | <i>Orientación del mapa</i> | <i>18</i> |
| 5.1.2. | <i>Determinación de nuestra posición</i> | <i>19</i> |
| 5.2. | ORIENTACIÓN CON BRÚJULA Y MAPA | 20 |
| 5.2.1. | <i>LA BRÚJULA.....</i> | <i>20</i> |
| 5.2.1.1. | <i>Partes de la brújula</i> | <i>20</i> |
| 5.2.1.2. | <i>Mantenimiento</i> | <i>20</i> |
| 5.2.1.3. | <i>Uso de la brújula</i> | <i>21</i> |
| 5.2.2. | <i>EL MAPA Y LA BRÚJULA</i> | <i>22</i> |
| 5.2.2.1. | <i>Conceptos básicos</i> | <i>22</i> |
| 5.2.2.2. | <i>Uso de la brújula y mapa</i> | <i>24</i> |
| 6. | BIBLIOGRAFÍA..... | 27 |

CARTOGRAFÍA Y ORIENTACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

La cartografía es la ciencia que se ocupa de la representación de la Tierra a través de mapas.

Para la elaboración de un mapa son necesarios una serie de datos con el fin de obtener una correcta precisión en la representación del terreno:

- Un elipsoide determinado y un datum (cálculo matemático de la forma de la Tierra).
- Un sistema de proyección.
- Un sistema de coordenadas.
- Unas técnicas topográficas de representación.

La tierra no es un elipsoide uniforme, sino un geoide irregular por la diferente acción de la gravedad sobre los distintos materiales geológicos (la gravedad ejerce mayor fuerza en el agua que en la roca, por ejemplo). Por ello, en la cartografía debe emplearse un elipsoide de referencia y un datum concretos para realizar las mediciones de distancias de forma correcta.

En Europa empleamos el **elipsoide de Hayford** desde 1909, donde se recoge el achatamiento de la tierra en los polos producido por el equilibrio entre la fuerza centrífuga y las de gravedad y rotación. En Estados Unidos se emplea el elipsoide de Clarke, de 1866.

El **datum** empleado en Europa, concebido como la tierra con la forma del nivel del mar en los océanos extendido de manera imaginaria tierra adentro – cálculo matemático de la forma de la tierra en una determinada zona-, es el Datum Europeo, existiendo el de 1950 (ED1950) y el de 1979 (ED 1979). Normalmente la cartografía española emplea el datum ED 1950. Este dato es importante para calibrar correctamente nuestro GPS y volcar los datos en una cartografía digital.

En el siglo XX, con el desarrollo de la foto aérea y los sistemas de restitución fotogramétrica, y más recientemente con la imagen satélite, la cartografía ha alcanzado su máxima precisión, pudiéndose representar la Tierra con todo detalle y sin desvirtuar la forma ni el tamaño real.

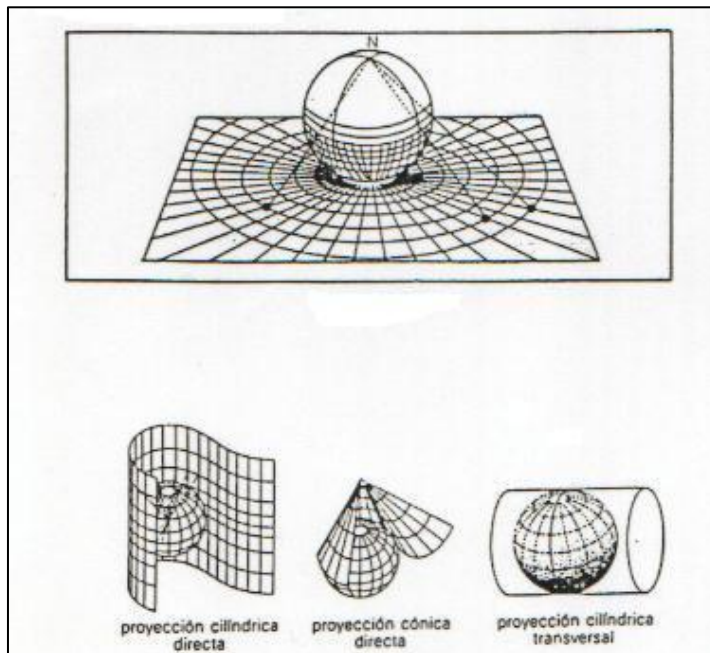
El paso entre el mapa topográfico y la ortoimagen –imagen satélite restituida para no deformar la superficie terrestre-, y el manejo de la cartografía a través de los Sistemas de Información Geográfica y el GPS en cualquier tipo de ámbito –navegación, conducción, ocio en montaña, etc-, ha revolucionado la cartografía, generalizando su utilización en muchos aspectos de la vida civil, lo que hace necesario tener unos conocimientos básicos de interpretación de la cartografía y sus principios para poder manejar estas nuevas herramientas que nos ofrece la tecnología.

Las escalas de trabajo más habituales en emergencias son la escala E 1:50.000 y la E 1:25.000. Estas escalas están editadas a nivel nacional por el Servicio Geográfico del Ejército (E 1:50.000) y por el Instituto Geográfico Nacional (E 1:25.000). Por ser las más empleadas, en los ejemplos y muestras

de cálculos nos referiremos esencialmente a estas dos escalas; no obstante, los ejemplos pueden extrapolarse a la escala 1:10.000 del Instituto Cartográfico Valenciano y cualquier otra escala.

2. LOS SISTEMAS DE PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA

Uno de los mayores problemas con que nos enfrentamos a la hora de confeccionar una cartografía es que debemos representar una esfera en una superficie plana. Para ello, es necesario descomponer esa esfera en porciones transformables en planos – como si fuera un objeto desplegable- mediante los sistemas de proyección cartográfica, que consisten básicamente en realizar una proyección de la esfera como si pusiéramos una luz en su interior y se reflejara en una pared. Sea cual sea el sistema de proyección, cuanto mayor es la superficie proyectada en la “pared”, mayor será la deformación de ese objeto.



Strahler (1984)

No hay un sistema de proyección exacto, pero sí pueden llegar a respetar las características del territorio de

forma muy aproximada.

La cartografía topográfica busca realizar una proyección que sea:

- Conforme: que respete los ángulos reales.
- Equivalente: que conserve las superficies como las reales.
- Equidistante: que conserve las distancias.

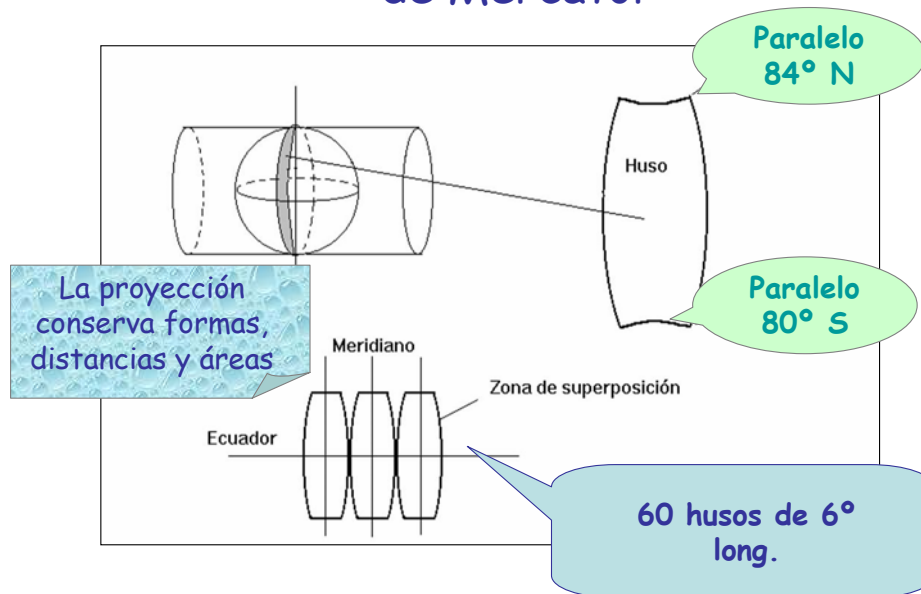
Estas características son respetadas en la proyección UTM (Universal Traverse Mercator o Proyección Universal Transversal de Mercator), empleada en los mapas topográficos oficiales españoles y de la mayor parte de países. Este sistema de proyección proyecta la esfera terrestre en un cilindro perpendicular al eje de la tierra y secante a lo largo de dos meridianos distantes 6° entre sí, dando lugar a los denominados husos.

La proyección Universal Transversal de Mercator divide el globo terrestre en 60 husos de 6° de longitud, que a su vez se dividen en bandas de 8° de latitud (los bordes de los husos se corresponden con meridianos –secantes al cilindro de proyección- y paralelos al norte y sur), dando como resultado zonas

designadas por el número del huso y la letra de la banda. Por ejemplo, la Comunidad Valenciana se encuentra entre los husos 30 y 31 y en las bandas S y T. A su vez, las bandas se subdividen en cuadrados de 100 Km de lado. Retomaremos este tema más adelante, cuando tratemos los sistemas de coordenadas.

Para facilitar el solape de la cartografía, en los husos se representa siempre $\frac{1}{2}$ grado adicional al Este y al Oeste, que se superpone al huso contiguo.

Proyección Universal Transversal de Mercator



La proyección UTM deforma extremadamente la superficie terrestre en los polos, por lo que su uso queda limitado hasta los paralelos 84° Norte y 80° Sur. Entre estas zonas y los polos (latitud 90°), el sistema de proyección empleado es la proyección estereográfica polar (UPS).

3. LOCALIZACIÓN: CÁLCULO DE COORDENADAS

Los sistemas de coordenadas son la manera de expresar la ubicación de un punto de la superficie terrestre. Para ello, utilizan dos magnitudes: la distancia de ese punto hasta un eje horizontal o de abscisas (x) y la distancia hasta otro eje vertical o de ordenadas (y).

El sistema más práctico para el uso en el terreno es el UTM, puesto que se expresa en metros y puede calcularse con facilidad utilizando la regla, un escalímetro o un coordinatómetro (escalímetro doble para medir coordenadas de una determinada escala); además, este sistema nos proporciona datos sobre las distancias recorridas o a recorrer. No obstante, y aunque no sea el sistema práctico para los medios terrestres, debemos conocer el sistema de coordenadas

geográficas puesto que, al ser el empleado para la navegación, es el que utilizan los medios aéreos.

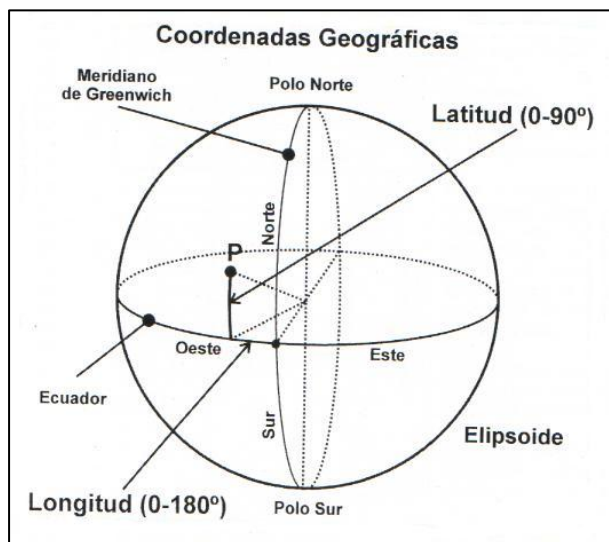
Hay que tener en cuenta que cuando proporcionamos coordenadas de un punto, realmente lo que estamos proporcionando son los datos de un área, que será más grande o más pequeña en función del grado de precisión de la escala con la que trabajamos.

3.1 COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Se trata de una malla de líneas destinada a georeferenciar puntos de la superficie del globo, partiendo de los dos puntos en que intersecciona el eje de rotación de la Tierra con la superficie de la misma, esto es, los dos polos, norte y sur. Esta malla divide el globo terrestre en 360 meridianos –que no son paralelos entre sí porque se estrechan hacia el norte y hacia el sur, 90 paralelos al norte del ecuador y 90 paralelos al sur del ecuador. Al medir distancias sobre el globo terrestre, en realidad lo que se miden son ángulos proyectados desde el centro de la Tierra; por eso se expresa en el sistema sexagesimal, es decir, en grados, minutos y segundos.

Características de las coordenadas geográficas:

- **Meridianos:** líneas en dirección norte-sur, son arcos de 180° cuya máxima separación se encuentra en el ecuador, convergiendo hacia los polos.
- **Paralelos:** son círculos obtenidos por la intersección del globo terráqueo con planos paralelos al ecuador. Son paralelos entre sí, su dirección es este-oeste y cortan a los meridianos en ángulo recto excepto en los polos.



Las coordenadas geográficas expresan la distancia al norte o sur del ecuador (paralelo 0°) y la distancia al este o al oeste del meridiano de Greenwich (meridiano 0°).

Por lo tanto, su expresión será:

$39^\circ 23' 35''$ N $1^\circ 8' 57''$ W

La primera coordenada indica la latitud y la segunda la longitud.

Los mapas topográficos reflejan tanto las coordenadas geográficas como las UTM. A la hora de medir las coordenadas geográficas hay que tener la precaución de no tomar como referencia la parrilla UTM, puesto que ésta no es paralela a la red de meridianos y paralelos. Los bordes del mapa están alineados con

meridianos (bordes laterales) y paralelos (bordes superior e inferior). Por tanto, las coordenadas geográficas hay que medirlas paralelas al borde del mapa, preferiblemente con la ayuda de una escuadra o un cartabón o, al menos, teniendo este dato en cuenta.

3.1.1. CÁLCULO DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS EN EL MAPA E 1:50.000

El mapa topográfico 1:50.000 del Servicio Cartográfico del Ejército no está diseñado para un cálculo rápido de las coordenadas geográficas, puesto que está elaborado para el desplazamiento por tierra. Sin embargo, debemos conocer el sistema para calcular las coordenadas geográficas por si tenemos que proporcionarlas a un medio aéreo.

Dado que todos los sistemas de coordenadas miden distancias, lo más fácil es transformar las distancias medidas en ángulos por distancias en metros.

Latitud:

Para ello, es interesante saber que 1' de latitud equivale a 1852 m (una milla náutica). Esto equivale a su vez con 3'7 cm del mapa 1:50.000, por lo que la latitud la calcularemos sabiendo que cada 3'7 cm cambiamos 1' norte o sur de posición.

Los segundos se calcularán sabiendo que 1''=31 m (poco más de medio milímetro del mapa E 1:50.000). Dada la poca precisión con que podemos calcular distancias a esta escala, nos limitaremos a calcular cada 10'' (310 m), por lo que 10''=6 mm.

Longitud:

La medida en metros de la longitud varía bastante a medida que nos desplazamos hacia el norte, puesto que los meridianos se estrechan hasta unirse en el polo norte. Esto quiere decir que la medida de 1' de longitud varía sensiblemente entre la provincia de Alicante y la de Castellón, e incluso con distancias bastante menores.

Por eso es recomendable medir exactamente la equivalencia en metros de 1' para cada zona de trabajo.

Procedimiento: se mide la distancia en centímetros entre las marcas de minutos de longitud del borde horizontal del mapa. Ejemplo: entre la marca de 55' y 1° 0' hay 14'3 cm. Como entre 55' y 1° 0' hay 5', dividimos 14'3 cm entre 5; el resultado es 2'9 cm que equivalen a 1450 m. Podemos marcar el borde horizontal del mapa cada 2'9 cm para calcular rápidamente la longitud.

Los segundos se calcularán como en el caso de la latitud:

10'' de longitud=5 mm que equivalen a 250 m en el terreno.

En resumen, para obtener las coordenadas geográficas de un punto en el mapa 1:50.000 marcaremos en el borde del mapa el valor de 1' y calcularemos los segundos de 10 en 10.

- Latitud: 1' = 3,7 cm = 1852 m // 10'' = 6 mm = 310 m
- Longitud: hay que calcularla para cada latitud.

Ejemplo a 39° N de latitud: 1' = 2,9 cm = 1450 m // 10'' = 5 mm = 250 m //

- Siempre leeremos primero la latitud (borde lateral, de abajo hacia arriba) y luego la longitud (borde superior o inferior, de izquierda a derecha al este del meridiano de Greenwich y de derecha a izquierda al oeste del mismo; en definitiva, hacia donde aumente la numeración).

3.1.2. CÁLCULO DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS EN EL MAPA E 1:25.000

A diferencia del mapa 1:50.000, el mapa topográfico 1:25.000 del Instituto Geográfico Nacional tiene referenciadas en su borde externo las coordenadas geográficas para su cálculo rápido, en el que se refleja cada minuto de la latitud y de longitud, y a su vez vienen subdivididos en 6 divisiones de 10''. A esta escala podremos precisar los segundos de 10'' en 10'' con un margen de error aceptable.

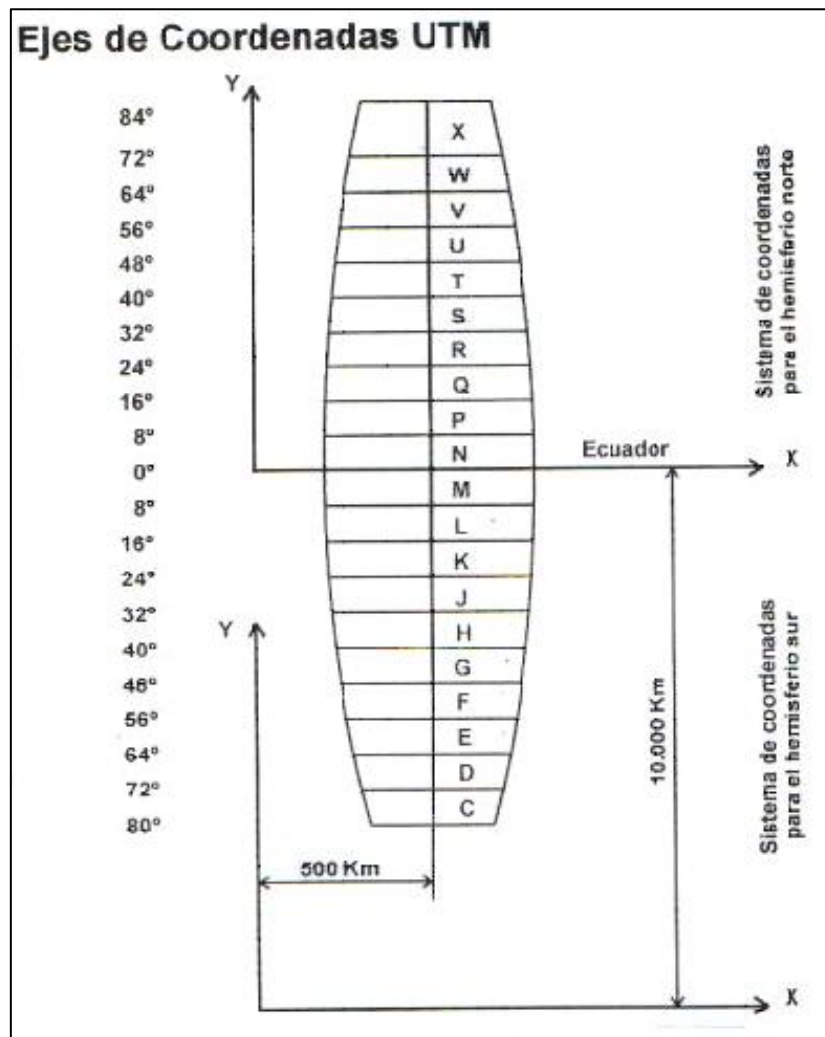
3.2. COORDENADAS UTM

Las coordenadas UTM (resultantes de la proyección Universal Transversal de Mercator), al igual que las geográficas, nos proporcionan la distancia al ecuador y a un meridiano, con la diferencia de que en vez de proporcionarnos el dato de un ángulo (en grados sexagesimales), nos los proporciona en metros, puesto que en este caso la malla de líneas de referencia o **grid** es una red de rectas que se cortan perpendicularmente sobre el mapa. El meridiano de referencia no es el meridiano 0° ó de Greenwich, sino el meridiano central del huso en que nos encontremos, y para no dar valores negativos cuando estamos al oeste de ese meridiano, se le da el valor de 500.000 m –cuando estamos al oeste del meridiano central el valor será menor de 500.000 m, y mayor cuando nos encontremos al este).

Al igual que con las coordenadas geográficas, la precisión con que calculemos las coordenadas UTM dependerá de la escala de trabajo. Hay que recordar que estamos calculando las coordenadas de un área, en concreto un cuadrado, no de un punto, y el tamaño de ese cuadrado dependerá de la resolución con que podamos medir la coordenada.

Como sabemos, la Proyección Transversal de Mercator divide el globo terrestre en 60 husos de 6° de longitud. Los husos se numeran del 1 al 60, iniciando el 1 en el paralelo 180° (como con los husos horarios) y aumentando la numeración hacia el Este. Cada huso se divide en 20 bandas de 8° de latitud designadas por una letra de la A a la Z, reservando las letras A, B, Y, Z para la zona polar y la I y la O no se emplean porque pueden confundirse con números. Los bordes de los husos se corresponden con meridianos y paralelos, dando como resultado zonas designadas por el número del huso y la letra de la banda. La Comunidad Valenciana está situada en los husos 30 y 31. En las zonas costeras de Castellón y norte de Alicante hay que tener mucha precaución e indicar siempre el huso del que se mide la coordenada, pues puede dar lugar a errores. La red UTM se traduce en los mapas topográficos en una malla de 1000 m de lado, sobre la que realizamos las mediciones de las coordenadas.

Al contrario que con las coordenadas geográficas, primero proporcionaremos la distancia al este (desde 500 Km al oeste del meridiano central del huso) y luego al norte (distancia al Ecuador), expresadas en metros.



3.2.1. CÁLCULO DE COORDENADAS UTM EN EL MAPA TOPOGRÁFICO

Calcularemos las coordenadas con una aproximación de 1 m (esto significa que damos las coordenadas de un cuadrado de 1 m de lado), con el siguiente procedimiento:

- Se anotan el huso y la banda, por ejemplo 30S.
- Se anota el número que aparece en el borde horizontal del mapa (coordenada X) más próximo a la izquierda del punto a determinar (por ejemplo 595).
- Se mide la distancia en el plano a la recta vertical izquierda del punto y se calcula la distancia real.

Esto se calcula con una sencilla regla de tres, teniendo en cuenta la medida de la cuadrícula UTM según la escala con la que estemos trabajando y que esta medida se corresponde con 1000 m en el terreno,

por lo que, haciendo el cálculo sobre la escala 1:50.000, donde 2 cm equivalen a 1000 m en el terreno:

$$1 \text{ cm} \text{-----} 500 \text{ m}$$

$$1'8 \text{ cm} \text{-----} X$$

$$X = 1'8 \times 500 = 900 \text{ m.}$$

La coordenada es 595900 metros Este.

- Se repite la operación para el número que aparece en el borde vertical del mapa (coordenada Y) más próximo por debajo del punto a determinar (por ejemplo 4362). Se mide la distancia en el plano a la recta horizontal inferior al punto y se transforma en distancia real:

$$1 \text{ cm} \text{-----} 500 \text{ m}$$

$$1'3 \text{ cm} \text{-----} Y$$

$$Y = 1'3 \times 500 = 650 \text{ metros.}$$

La coordenada resultante es 4362650 metros Norte (distancia al ecuador)

La coordenada resultante: 30S 595,900 4362,650

A continuación se repite el ejemplo anterior calculando en un mapa 1:25.000:

- Huso: por ejemplo 30.
- Banda: los mapas 1:25.000 no indican la banda. Si nos encontramos entre 32° y 40°, estaremos en la banda S; al norte de 40° estaremos en la banda T.
- Se anota el número que aparece en el borde horizontal del mapa (coordenada X) más próximo a la izquierda del punto a determinar (por ejemplo 595).
- Se mide la distancia en el plano a la recta vertical izquierda del punto y se calcula la distancia real.

Esto se calcula con una sencilla regla de tres, teniendo en cuenta que la cuadrícula UTM mide 4 cm de lado en la escala 1:25.000, que se corresponden con 1000 metros del terreno:

$$1 \text{ cm} \text{-----} 250 \text{ m}$$

$$3'6 \text{ cm} \text{-----} X$$

$$X = 3'6 \times 250 = 900 \text{ metros}$$

- La coordenada es 595900 metros Este.
- Se repite la operación para el número que aparece en el borde vertical del mapa (coordenada Y) más próximo por debajo del punto a determinar (por ejemplo 4362). Se mide la distancia en el plano a la recta horizontal inferior al punto y se transforma en distancia real:

$$1 \text{ cm} \text{-----} 250 \text{ m}$$

$$2'6 \text{ cm} \text{-----} Y$$

$$Y = 2'6 \times 250 = 650 \text{ metros.}$$

La coordenada resultante es 4362650 metros Norte (distancia al ecuador)

La coordenada resultante: 30S 595,900 4362,650

4. LECTURA DE MAPAS

Las características de los mapas topográficos se resumen en el siguiente cuadro:

Los mapas topográficos

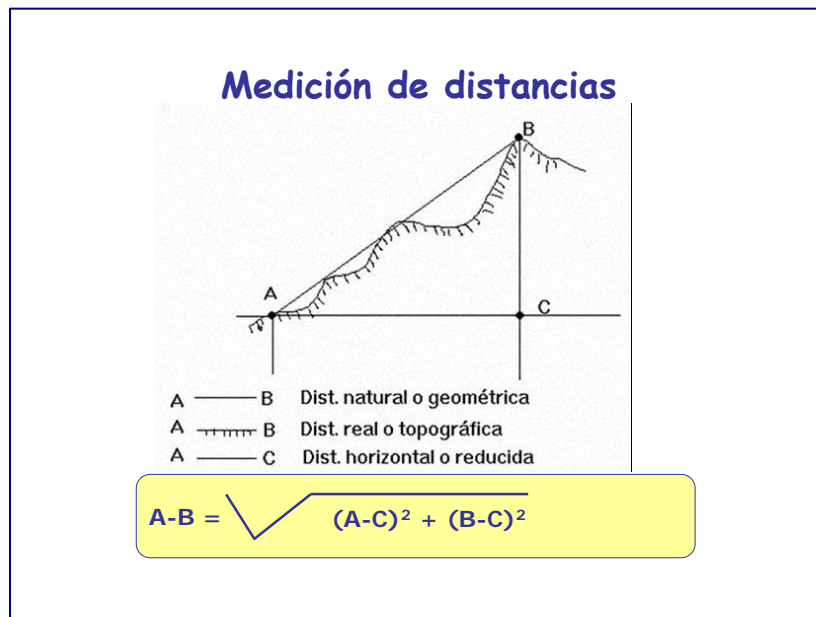
- Representan el relieve (3 dimensiones) en un plano (2 dimensiones) a través de curvas de nivel.
- Son mapas a gran escala
- Información que proporcionan:
 - ✓ Tipo de relieve
 - ✓ Corrientes o presencia de agua
 - ✓ Límites administrativos
 - ✓ Poblamiento
 - ✓ Infraestructuras: carreteras, líneas eléctricas...
 - ✓ Usos del suelo: tipos de cultivos,...
 - ✓ Toponimia
 - ✓ Coordenadas geográficas y UTM
 - ✓ Escala

4.1. MEDIR DISTANCIAS EN EL MAPA Y EN EL TERRENO

4.1.1. LA ESCALA. MEDIR DISTANCIAS EN EL MAPA

La escala de los mapas puede ser numérica y gráfica. En el primer caso se expresa simplemente mediante números del tipo 1:50.000 (un centímetro del mapa equivale a 50.000 centímetros -500 metros- en el terreno) ó 1:25.000 (un centímetro en este caso equivale a 250 metros en el terreno). La escala gráfica es la expresión gráfica de la correspondencia entre el mapa y la distancia real; es muy interesante reflejar la escala gráfica en los mapas, puesto que al realizar posibles ampliaciones o reducciones la escala gráfica sigue representando las equivalencias reales.

Para medir distancias en el mapa, basta con medir con una regla y multiplicar por la equivalencia en metros reales de 1 centímetro del mapa, o bien trasladar la medida a la escala gráfica. En este caso estaremos midiendo la llamada distancia horizontal o reducida. En la figura adjunta se muestra cómo calcular la distancia geométrica –aplicando el teorema de Pitágoras- y su diferencia con la distancia real, esto es, teniendo en cuenta todos los accidentes del terreno; este último caso sólo es posible medirlo directamente sobre el terreno.



Datos útiles:

- La cuadrícula UTM se compone de cuadrados de 1000 m de lado.
- A E 1:50.000 1 cm=500 m y a E 1:25.000 1 cm=250 m
- 1' de latitud=1852 m (1 milla náutica)
- 1' de longitud a 40° de latitud=1410 m; a 39° de latitud=1450 m

4.1.2. MEDICIÓN DE DISTANCIAS EN EL TERRENO

4.1.2.1. Talonamiento

Es importante saber evaluar la distancia que una persona recorre caminando, para casos de pérdidas, tener que rodear obstáculos que nos hagan desviarnos de la ruta, malas condiciones de visibilidad, etc. Para ello, cada persona debe haber calculado previamente la distancia que recorre con su paso.

La técnica más corriente es la conocida como talonamiento: cada persona debe contar cuántos pasos camina para recorrer 100 m, contando cada paso como doble, esto es, cada vez que apoya el pie derecho o el izquierdo. La marcha para realizar este cálculo debe ser una marcha sin prisa, y siempre es mejor repetir la operación para asegurarnos.

En general, para un adulto de estatura media se puede estimar el paso (doble) en unos 75 cm para terreno llano.

4.1.2.2. Medir media/larga distancia

Es recomendable practicar en lugar abierto el cálculo de las distancias apreciadas a simple vista a puntos de referencia que se comprobarán en el mapa con el fin de corregir nuestros errores.

4.2. CÁLCULO DE ÁREAS

En ocasiones puede ser interesante tener un método rápido para calcular una superficie sobre el mapa.

Para ello, puede resultarnos útil saber que cada cuadrado de la cuadrícula UTM tiene una superficie de 100 hectáreas.

Para medir la superficie en el mapa, basta con contar el número de cuadrados completos de la cuadrícula UTM que entran en la superficie a medir, y sumarle el número de cuadrados incompletos divididos por dos. Multiplicaremos el resultado por 100 y nos dará el número de hectáreas aproximado (hay que tener en cuenta que éste es un método con un margen de error importante, pero bastante orientativo).

Si podemos dividir cada uno de esos cuadrados en cuatro (cada uno tendría una superficie de 25 Has) y contamos éstos, el resultado será mucho más fiable. Esto es, cuanto menor sea la unidad de superficie que utilicemos mayor porcentaje de fiabilidad.

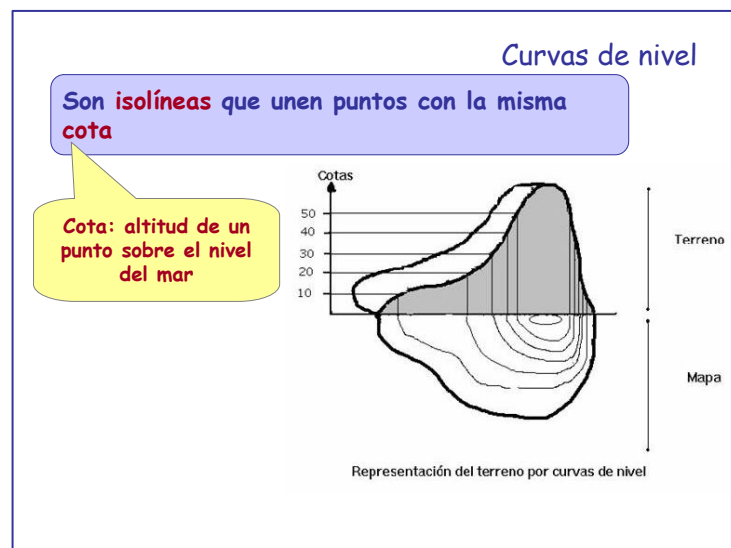
Hay que tener en cuenta que estamos midiendo el área en una superficie plana, no se tiene en cuenta el relieve, si se trata de un terreno agreste, la superficie será significativamente mayor.

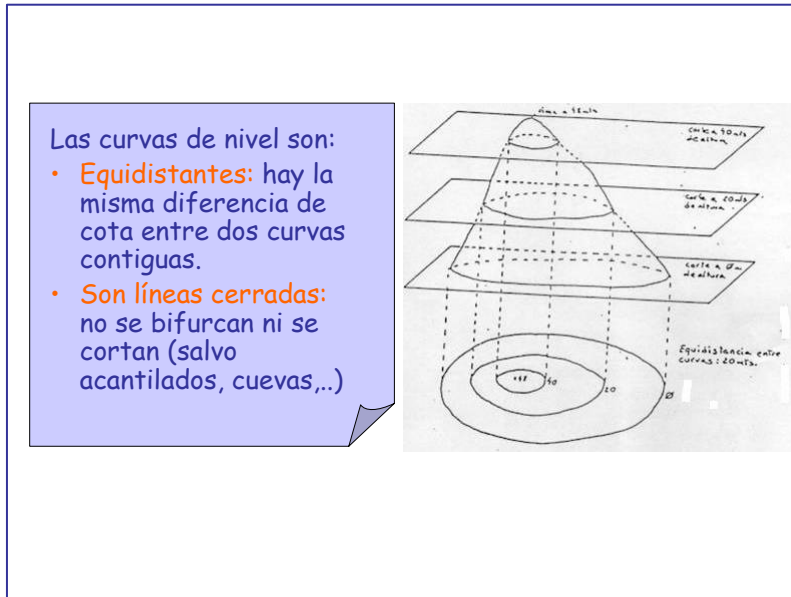
4.3. INTERPRETACIÓN DE CURVAS DE NIVEL. CÁLCULO DE LA COTA Y DE PENDIENTES

4.3.1. INTERPRETACIÓN DE LA REPRESENTACIÓN DEL RELIEVE: CURVAS DE NIVEL

Los mapas topográficos se caracterizan porque representan las tres dimensiones en un plano, por lo que el relieve se representa mediante las curvas de nivel, informando gráficamente de todos los detalles referentes a la altitud del terreno.

Curvas de nivel:





Curvas maestras:

- Están marcadas en el mapa con un trazo más grueso.
- Entre dos curvas maestras tendremos cuatro normales.
- Generalmente se usan para designar la cota cada 50 m. (con equidistancia de 10 m.) o cada 100 m. (con equidistancias de 20 m)

Quando observamos un mapa topográfico por primera vez, puede parecernos una maraña de líneas marrones serpenteando por el papel. Los accidentes geográficos modelados por la naturaleza dan lugar a formas muy diversas en las curvas de nivel y es necesaria cierta práctica en su observación para una correcta interpretación del relieve.

Las formas del relieve más comunes son los entrantes y salientes que, compuestos, dan lugar a las formas complejas:

- **Entrante:** un entrante tiene su parte más deprimida en el centro, por lo que las curva de nivel de mayor cota envuelven a las de menor cota. Su forma es cóncava.
- **Saliente:** las curvas de menor cota envuelven a las de mayor cota, esto es, una forma convexa.
- **Cima:** unión de dos salientes.
- **Depresión o cubeta:** unión de dos entrantes.
- **Collado:** unión de dos entrantes y dos salientes, representa un punto de depresión con relación a las elevaciones circundantes. En la mayoría de los casos, los collados son el paso natural de comunicación entre los valles a través de las montañas.

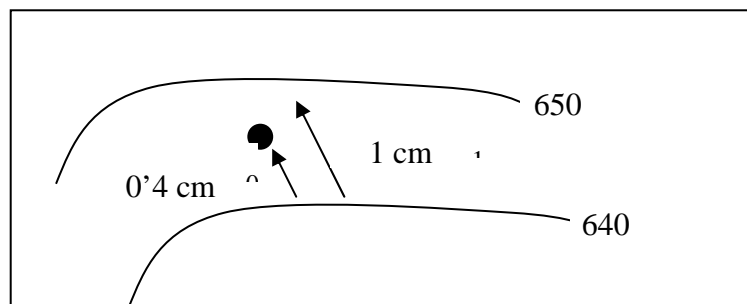
- ✓ **Terreno llano:** curvas de nivel distantes entre sí.
- ✓ **Terreno ondulado:** elevaciones y depresiones considerables, pero acceso fácil. Las curvas de nivel "ondulan" con el terreno.
- ✓ **Terreno montañoso:** elevaciones y depresiones importantes, acceso más complicado. Curvas de nivel bastante juntas.
- ✓ **Terreno escarpado:** grandes elevaciones y depresiones, laderas abruptas, a veces inaccesibles. Curvas de nivel muy juntas.

4.3.2. CÁLCULO DE LA COTA

La cota de un punto, o su altitud, se calcula por interpolación de los datos de altitud más próximos a ese punto, esto es, las curvas de nivel que lo envuelven. Conociendo la equidistancia entre las curvas y midiendo la distancia en el mapa de la curva de **menor altitud** a nuestro punto, así como la distancia entre las dos curvas de nivel (medida perpendicularmente a éstas y lo más próximo a nuestro punto), calcularemos la cota por una simple regla de tres.

Recordar que siempre se sumará el resultado a la cota de menor altitud. Para comprobar que no hemos cometido este error, verificaremos que el resultado nunca es mayor o menor que el valor de las curvas de nivel tomadas como referencia.

EJEMPLO DEL CÁLCULO DE LA COTA



Las curvas de nivel más próximas a nuestro punto son la de 650 y la de 640m

$$1 \text{ cm} \text{ ————— } 10 \text{ m}$$

$$0'4 \text{ cm} \text{ ————— } x$$

$$x = (0'4 \text{ cm} \times 10 \text{ m}) / 1 \text{ cm} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Cota de } x = 640 + 4 = 644 \text{ m}$$

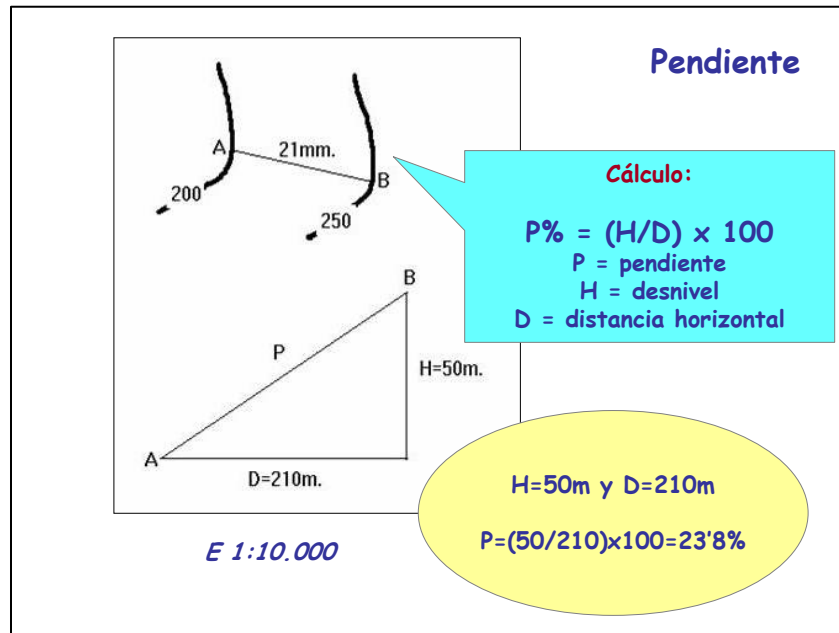
4.3.3. CÁLCULO DE PENDIENTES

Conocer la inclinación de las pendientes es importante de cara a la seguridad para transitar por una zona.

Calcular la pendiente de una ladera se hace mediante una sencilla fórmula:

$$\% \text{ de pendiente} = (\text{desnivel} / \text{distancia horizontal}) \times 100$$

Generalmente transformaremos las unidades en metros. En el gráfico siguiente se muestra un ejemplo de cálculo de pendiente; en él, tanto la distancia como la pendiente se han calculado en metros. Al tratarse de una escala 1:10.000 (1 cm = 100 metros), 21 milímetros en el mapa se convierten en 210 metros en la distancia en el terreno. El desnivel entre los puntos A y B del ejemplo es de 50 metros.

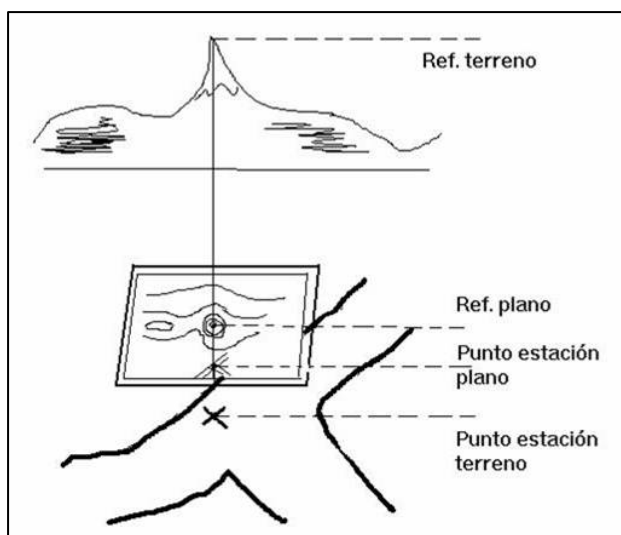


5. ORIENTACIÓN

5.1. ORIENTACIÓN CON EL MAPA

Todas las técnicas de orientación tienen como objeto que siempre se conozca la posición y dónde dirigirse.

5.1.1. ORIENTACIÓN DEL MAPA



El primer paso para orientar nuestro mapa es conocer con exactitud nuestra localización y definir el punto en nuestro mapa, a base de tomar referencias fácilmente reconocibles, es decir, referencias lineales (confluencia de ríos o caminos), o un elemento de fácil reconocimiento en el mapa (cima de una montaña, depósito de agua,.....).

Superado este paso, el mapa se orientará con el terreno haciendo coincidir una visual en el terreno con la

del mapa. Para ello se buscarán elementos del paisaje fácilmente reconocibles (cimas,) en el terreno y, colocando el mapa entre ese elemento (referencia en el terreno) y nosotros (punto de estación conocido en el mapa y en el terreno), tenemos que ver una línea recta entre el elemento real y su representación gráfica en el mapa. Esta operación se repetirá con una segunda referencia para asegurarnos de que no hemos cometido errores.

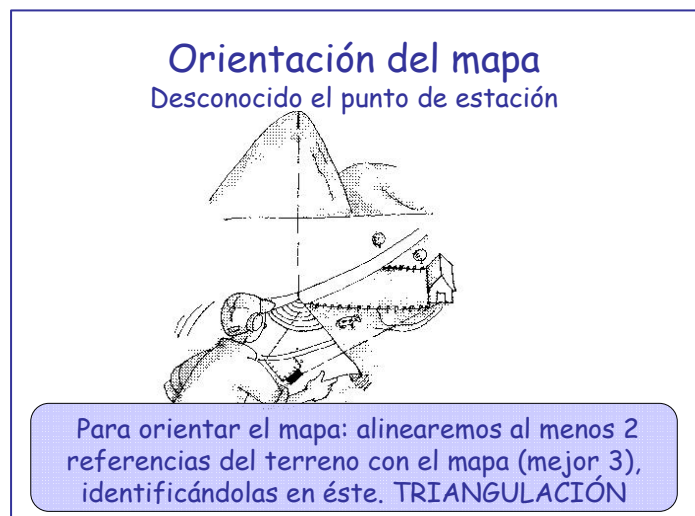
De esta forma el mapa queda orientado con el terreno. Si se tienen suficientes conocimientos técnicos y experiencia para orientar el mapa sobre el terreno, la brújula apenas es necesaria, salvo en condiciones de mala visibilidad o terrenos especialmente adversos. El mapa, por sí solo, permite averiguar la dirección y los rumbos que debemos seguir para llegar a nuestro objetivo.

Es importante mantener la orientación del mapa siempre que nos desplazemos para conocer en todo momento nuestra posición y conocer las distancias reales y en el mapa a los puntos que usamos como referencia.

5.1.2. DETERMINACIÓN DE NUESTRA POSICIÓN

En muchas ocasiones no sabremos localizar a simple vista nuestra posición en el mapa porque desconocemos el terreno y el nombre de la partida o zona en la que nos encontramos (de todas formas, nunca hay que fiarse de la toponimia de la cartografía si es a escala menos detallada que la 1:10.000, puesto que puede haber errores o abarcar un área demasiado grande).

Para poder localizar nuestra posición, se orientará el mapa en base a dos visuales establecidas entre dos puntos fácilmente reconocibles en el mapa o en el terreno. Normalmente, las referencias lineales son muy útiles (caminos, tendidos eléctricos,...), pero en zonas poco habitadas estas referencias pueden ser que no existan y entonces deberemos recurrir a los accidentes topográficos que nos rodean (cima con forma característica o que resalte, ríos o barrancos,...).

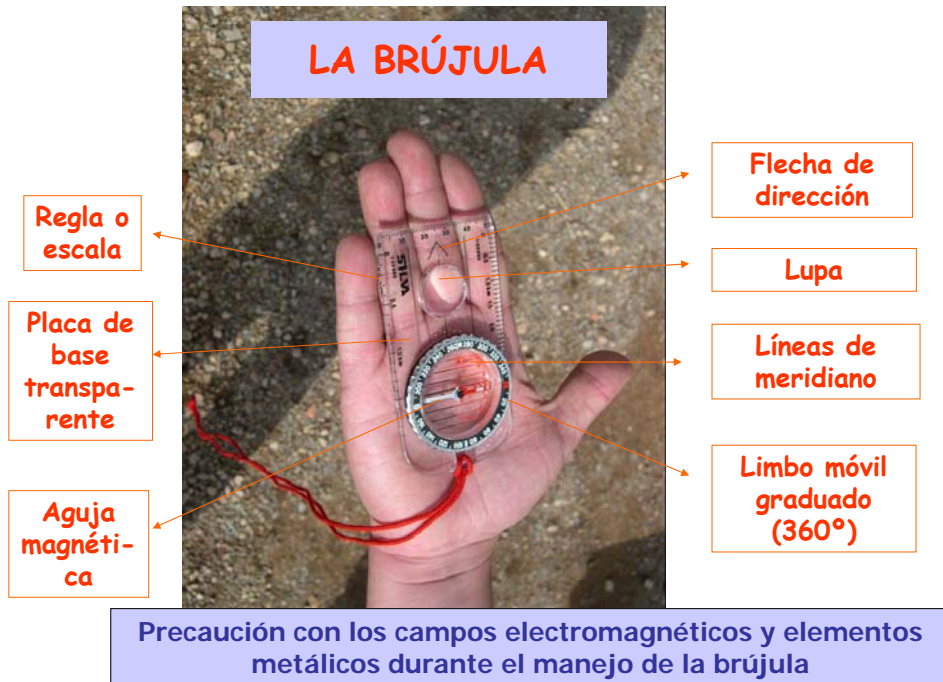


Para establecer la visual con el accidente topográfico pasando por su representación en el mapa, podemos emplear un palo o extender el brazo en esa dirección. Con la práctica realizaremos esta operación a simple vista. Nosotros sabremos que estamos en la prolongación de esa línea imaginaria. Una vez realizada la operación con el segundo accidente geográfico (que estará aproximadamente a 90° del primero), sabremos que nos encontramos aproximadamente donde convergen las dos líneas. En caso de duda comprobar realizando una tercera visual.

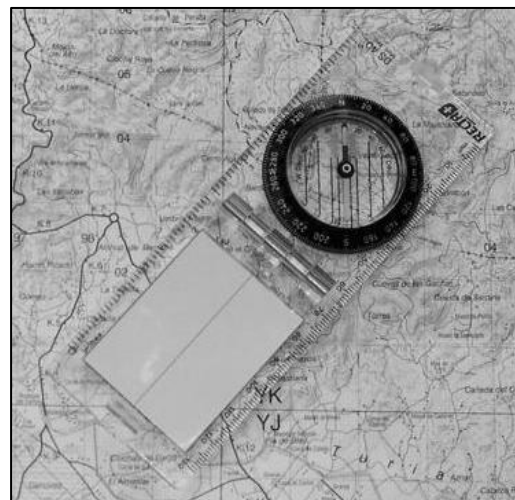
5.2. ORIENTACIÓN CON BRÚJULA Y MAPA

5.2.1. LA BRÚJULA

5.2.1.1. Partes de la brújula



Para el uso conjunto de brújula y mapa, es recomendable adquirir una brújula con la placa base transparente, muy cómoda porque permite alinear las líneas de meridiano y orientar el mapa. También existen brújulas con placa base transparente pero con alidada (visor para tomar rumbos) y espejo que facilitan la lectura de rumbos en el terreno, también cómodas para trabajar con mapas.



5.2.1.2. Mantenimiento

La brújula no necesita un cuidado especial. Solamente hay que procurar que no quede expuesta al sol ni a fuentes energéticas que produzcan interferencias. Si aparece una burbuja pequeña no tiene importancia (aparecen y desaparecen

por cambios de presión y temperatura), sin embargo, debe observarse si la burbuja aumenta, en cuyo caso es probable que el líquido amortiguador se esté perdiendo por algún poro.

5.2.1.3. *Uso de la brújula*

Es fundamental recordar los siguientes puntos:

- A la aguja imantada le afecta cualquier campo electromagnético y elementos metálicos (radio, herramientas, pilas, linterna, teléfono móvil...).
- Al utilizar la brújula junto con el mapa, no hacerlo sobre el capó del coche o sobre una mesa con base metálica.
- La brújula debe utilizarse lo más horizontal posible para obtener mayor precisión.

- **Marcar un rumbo:**

Se hace coincidir el rumbo dado con la flecha de dirección de la brújula.

Con la brújula en la palma de la mano y a la altura de la cintura, se gira todo el cuerpo hasta hacer coincidir la aguja imantada con el norte del limbo y las marcaciones del norte (líneas paralelas del limbo).

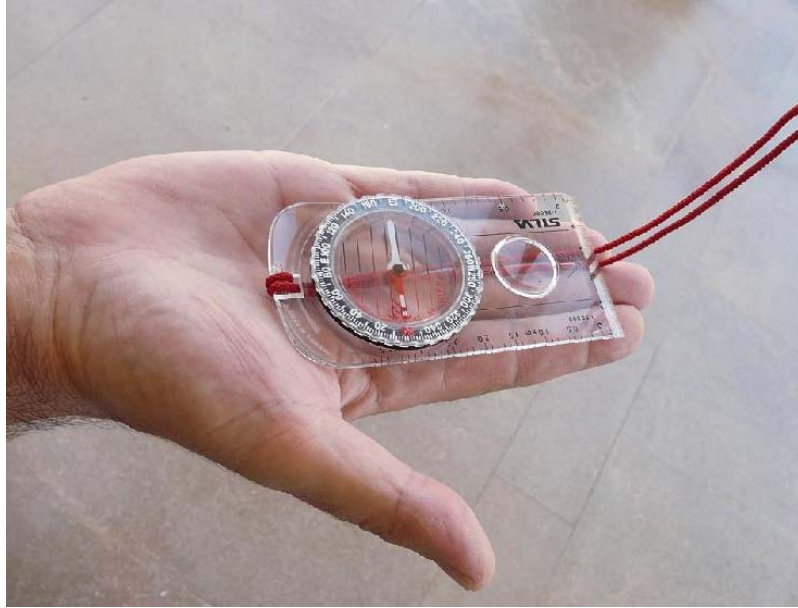
La dirección del rumbo estará determinada por la flecha de dirección.

- **Medir un rumbo:**

Con la brújula en la palma de la mano, apuntar con la flecha de dirección hacia el punto de referencia. Manteniendo inmóvil la brújula, mover sólo el limbo graduado hasta que el norte del limbo y las marcaciones del norte coincidan con el norte de la aguja.

En la flecha de dirección aparecerá el rumbo resultante. Para seguir un rumbo, una vez determinado, se elige un punto visible del terreno en esa dirección para llegar hasta él sin utilizar la brújula. Una vez allí, se vuelve a calcular el rumbo al punto de destino.

Esta operación se repite cuantas veces sea necesario hasta alcanzar el lugar.



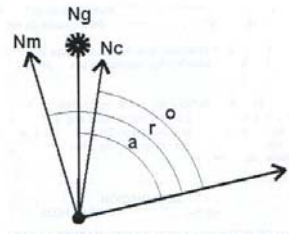
5.2.2. EL MAPA Y LA BRÚJULA

5.2.2.1. *Conceptos básicos*

- **Norte geográfico o verdadero (Ng):** es el norte del mapa. Coincide con el punto de intersección del eje de rotación terrestre con la superficie de la Tierra.
- **Norte magnético (Nm):** es el norte que señala la brújula.
- **Norte de cuadrícula o norte de convergencia (Nc):** es el norte de la red UTM. Si nos fijamos, las cuadrículas de la red UTM están "giradas" respecto al norte de los mapas topográficos.
- **Declinación magnética:** ángulo entre el norte geográfico o verdadero y el norte magnético. Varía con el tiempo y el lugar; en España no supera los 5°.
- **Declinación de red UTM:** ángulo entre el norte de convergencia y el norte geográfico.

Cuando nos desplazamos por el terreno o tomamos una dirección para dirigirnos a un sitio, esta dirección necesariamente se basa en una referencia, y lo que realmente estamos midiendo es el ángulo entre esa referencia y hacia donde nosotros queremos ir. Ese ángulo recibe distintos nombres según la referencia que empleamos:

La dirección



- **Rumbo (r)**: ángulo de dirección respecto del Nm.

- **Acimut (a)**: ángulo de dirección medido respecto del Ng.

- **Orientación (o)**: ángulo medido sobre un mapa entre la dirección y el Nc.

Los ángulos se miden en sentido de las agujas del reloj

Para orientar el mapa con una brújula se coloca el borde lateral de la brújula a lo largo del borde lateral del mapa asegurando que la flecha de dirección y la aguja imantada (que señalará al norte) coincidan moviendo mapa y brújula a la vez. Si mantenemos el mapa en esta posición, éste queda orientado al norte magnético.

No obstante, y cuando trabajemos respecto al norte de convergencia (el más cómodo para trabajar con el mapa, puesto que la cuadrícula UTM nos sirve de referencia para calcular distancias y mantener la orientación del mapa), debemos saber que hay una desviación respecto al rumbo medido con la brújula (debido a la declinación magnética y el ángulo de convergencia). En la



Comunidad Valenciana el ángulo de desviación ronda los 2° , por lo que podemos despreciarlo para el uso general en montaña, puesto que las distancias entre puntos donde se realizan mediciones no son grandes y nos apoyamos en referencias visuales. Además, las imprecisiones propias del manejo de la brújula, el mapa y la toma de datos son a veces mayores. En casos especiales de largas distancias sin referencias el error sí puede ser importante.

Es importante saber calcular la declinación magnética y tener claros estos conceptos para casos donde se requiera precisión en las mediciones. Los datos para calcular los ángulos se encuentran en los mapas topográficos. Dado que la declinación magnética varía anualmente, hay que calcularla para cada mapa y año.

En este tema hablaremos de **orientación** cuando midamos sobre el mapa (tomando como referencia la cuadrícula UTM) y de **rumbo** cuando midamos la dirección con la brújula.

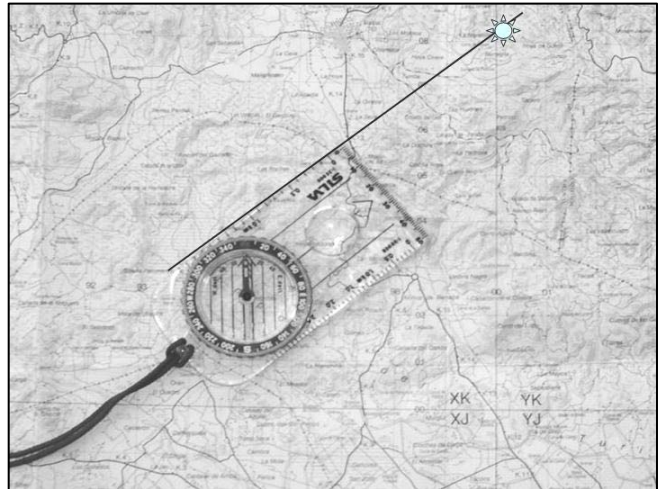
5.2.2.2. *Uso de la brújula y mapa*

Es fundamental recordar las recomendaciones para un buen uso de la brújula, descritas en el apartado dedicado a la brújula.

- **Medición de la orientación en el mapa y traslado a un rumbo en el terreno:**

Utilizado para seguir un rumbo medido en el mapa o para identificar puntos del terreno contenidos en el mapa.

- Medir el ángulo entre el norte UTM o de convergencia y la línea de dirección. Para ello, se coloca el canto inferior izquierdo sobre el punto de origen A y se alinea el borde izquierdo de la brújula con la línea imaginaria que une los puntos A (origen) y B (destino); se gira el limbo móvil hasta que la flecha de dirección y las líneas paralelas del limbo señalen al norte de convergencia (paralelas a la red UTM). El anillo graduado del limbo indica la orientación en la flecha de dirección.



- Para trasladar el rumbo al terreno, sólo hay que colocar la brújula en la palma de la mano, lo más plana posible, y girar el cuerpo hasta que la aguja imantada coincida con la flecha de dirección del limbo móvil. Cuando la brújula no dispone de alidada, es necesario utilizar un cordón o palito que sirva como punto de mira improvisado.

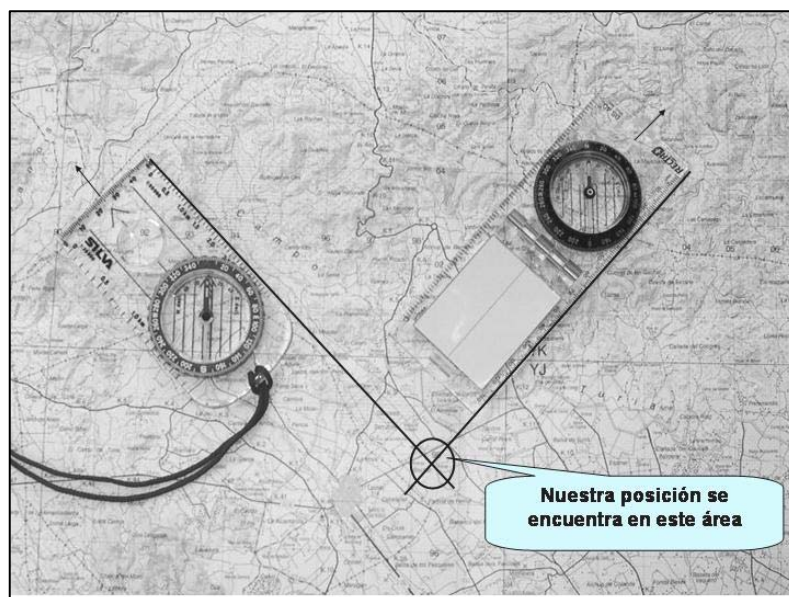
- **Determinación de un rumbo en el terreno y su traslado al mapa:**

Método utilizado para tomar referencias del terreno y determinar nuestra ubicación sobre el mapa o para identificar un punto del paisaje.

- Se trata de la operación inversa. Primero se mide el rumbo en el terreno: desde el punto de origen A, apuntar con la flecha de dirección al punto de destino B. Girar el limbo móvil hasta que la flecha de dirección de éste coincida con la flecha imantada. El anillo graduado del limbo señala ahora el ángulo de dirección en la flecha de dirección de la brújula.
- Para trasladarlo al mapa, colocar el canto inferior izquierdo sobre el punto de origen A, se gira la base de la brújula tomando como vértice de giro A (sin mover el limbo) hasta que las líneas de marcación del norte queden paralelas a las de la cuadrícula UTM (la aguja imantada no importa ahora). El canto de la brújula nos está proporcionando la línea que pasa por A y B. Esta operación puede realizarse con el transportador de ángulos, tomando como referencia la red UTM.

- **Determinación de nuestra posición:**

- Debe realizarse la operación anterior a partir de dos o tres puntos de referencia reconocibles en el terreno y en el mapa. Es importante que entre ellos el ángulo sea lo más cercano a 90°. El proceso se hace punto por punto, midiendo el rumbo de uno de ellos (A) y trasladándolo al mapa, luego el siguiente (B) y para terminar el tercero (C).
- Para trasladarlo al mapa, esta vez se colocará el canto derecho o izquierdo superior de la brújula en el punto de referencia y se procederá como en el punto anterior. Una vez trasladados los tres puntos, la intersección entre las líneas nos dará nuestra posición.



Lo más normal es que las líneas no se intersecten perfectamente y lo que definamos sea una pequeña zona, en la que sabremos que nos encontramos y donde podremos definir nuestra posición exacta a partir de referencias del relieve. Esta operación puede realizarse con el transportador de ángulos, tomando como referencia la red UTM.

6. BIBLIOGRAFÍA

Blandford, Percy W. (1984): *Manual de orientación*, Ed. Martínez Roca.

García Gómez, Eusebio (2000): *Orientación. Desde el mapa y la brújula hasta el GPS y las carreras de orientación*, Ediciones Desnivel.

Murcia Aguilera, Máximo (2002): *Orientación avanzada para alpinistas y profesionales*, Manuales Desnivel, Ediciones Desnivel.

Sobel, Dava(1997): *La longitud*, Edicions 62, llibres a l'abast.

Strahler, Arthur N. (1984): *Geografía física*, Ediciones Omega.

SEPURA/GPS Y gvSIG

Fernando Hortelano
Licenciado en Geografía

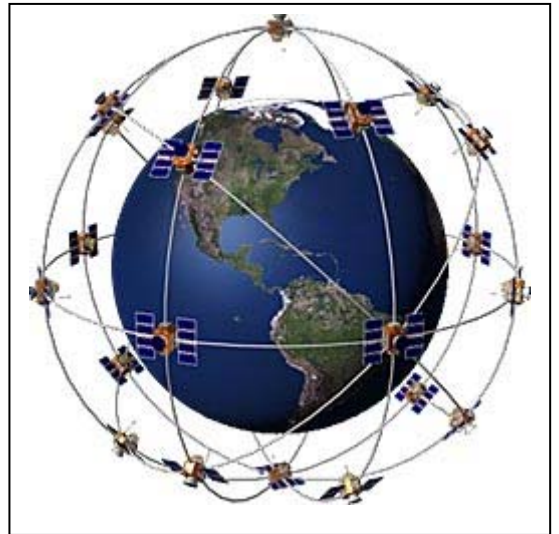
ÍNDICE.

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| <u>Qué es el GPS</u> | |
| <u>Como Funciona el sistema de un GPS</u> | |
| <u>Elementos del sistema GPS</u> | |
| <u>Fiabilidad de los datos</u> | |
| <u>Usos y aplicaciones</u> | |
| <u>Funcionamiento del sistema</u> | |
| <u>Sistema de configuración de NAVSTAR GPS</u> | |
| <u>Número de satélites visibles</u> | |
| <u>DOP</u> | |
| | |
| GPS TIPO Y FUNCIONAMIENTO MODELO SEPURA STP 8038..... | 27 |
| TERMINOLOGÍA..... | 30 |
| GvSIG..... | 32 |
| BREVE INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA..... | 33 |
| o <u>Historia de los SIG</u> | |
| o <u>¿Qué es un SIG?</u> | |
| o <u>Funciones de un SIG</u> | |
| o <u>Componentes de los SIG</u> | |
| | |
| DATOS ESPACIALES..... | 36 |
| o <u>Datos vectoriales</u> | |
| o <u>Datos raster</u> | |
| o <u>Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs)</u> | |
| o <u>Cartografía en la red.</u> | |

INTRODUCCIÓN

Qué es el GPS

El Global Positioning System, (GPS) o Sistema de Posicionamiento Global, es un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) el cual que permite determinar en todo el mundo la posición de una persona, un vehículo o una nave, con una cierta desviación métrica o submétrica. El sistema fue desarrollado e instalado, y actualmente mantenido por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, quien lanzó la Constelación de Satélites Norteamericanos llamada NAVSTAR, por otra parte, la antigua Unión Soviética lanzó su propia Constelación llamada GLONASS (hoy en día mantenida por Rusia y La India), y en futuro próximo, la Unión Europea pondrá en funcionamiento la red de satélites denominada GALILEO.



Hoy en día, los receptores GPS, pueden obtener información (de posición y de tiempo) de las dos Constelaciones NAVSTAR y GLONASS, obteniendo datos muy precisos.

Como Funciona el sistema de un GPS

El GPS funciona mediante una red de satélites que se encuentran en diferentes órbitas alrededor de la tierra. Cuando se desea determinar la posición, el receptor que se utiliza para ello localiza automáticamente como mínimo cuatro satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la posición y el reloj de cada uno de ellos. En base a estas señales, el receptor sincroniza el reloj del GPS y calcula el retraso de las señales, es decir, la distancia al satélite.

Por "triangulación" calcula la posición en que éste se encuentra. La triangulación consiste en averiguar el ángulo de cada una de las tres señales respecto al punto de medición. Conocidos los tres ángulos se determina fácilmente la propia posición relativa respecto a los tres satélites. Conociendo además las coordenadas o posición de cada

uno de ellos por la señal que emiten, se obtiene la posición absoluta o coordenadas reales del punto de medición.

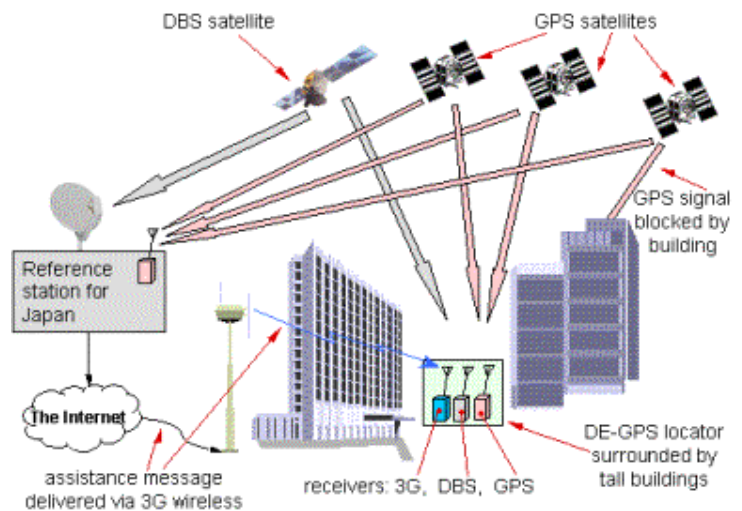
También se consigue una exactitud extrema en el reloj del GPS, similar a la de los relojes atómicos que desde tierra sincronizan a los satélites.

Elementos del sistema GPS

Sistema de satélites (NAVSTAR): Formado por 21 unidades operativas y 3 de respaldo en diferentes órbitas sobre la tierra a 26.000 km con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie del globo y que se abastecen de energía solar.

Estaciones terrestres: Se reparten por toda la superficie terrestre 5 Estaciones permanentes Terrestres que envían información de control a los satélites, para controlar las órbitas, corregir posiciones y realizar el mantenimiento de toda la constelación.

Terminales receptores: Es el elemento que nos indica la posición en la que estamos, conocidas también como Unidades GPS, son las que podemos adquirir en las tiendas especializadas.



GPS Receptor/Emisor. Diferencias

Un **GPS receptor** únicamente recibe la señal y sirve para posicionarnos. Esta señal es un servicio gratuito. (El E-Trex pertenece a este tipo de Sistema)

Un **GPS receptor/emisor** recibe la señal y al mismo tiempo la emite. Así pues sirve para posicionarnos y para dar nuestra ubicación. Este servicio si que se ha de pagar. Es un servicio que suelen utilizar para la gestión de flotas. Con el no se necesita un sistema de mapas previamente cargado; ya que este se actualiza vía móvil. Así pues la información del estado de las vías y demás es en tiempo real. No es un sistema utilizado para medición en campo; si no más como un servicio a la conducción por carretera.

Fiabilidad de los datos

Debido al carácter militar del sistema GPS, el Departamento de Defensa de U.S.A. antes del 2 de Mayo del año 2000, se reservaba la posibilidad de incluir un cierto grado de error aleatorio que podía variar desde los 15 a los 100 metros, era la llamada Disponibilidad Selectiva (S/A). Hoy en día, la S/A, se anuló y obtenemos posiciones correctas, sin la intervención del sistema de defensa militar.

Los receptores GPS, pueden obtener precisiones métricas o submétricas, dependiendo del modelo del receptor y su tipo de medición. Las empresas de logística, p.e., emplean sistemas métricos ya que un buque, un camión o un vehículo, no necesita de mayor precisión.

En cambio, en trabajos Geodésicos o Topográficos, se emplean receptores de precisión submétrica, llegando a los 2 cms de error planimétrico y 3 cms de error altimétrico.

Cuando no recibe una buena señal puede ser por:

- Retardo de la señal por el paso de la ionosfera y la troposfera.
- Por el rebote de la señal en edificios y montañas cercanos.
- Falta de satélites o mala configuración de los mismos, donde el receptor no obtiene señal, por hallarse en zonas arboladas o edificadas con un Horizonte alto.

Usos y aplicaciones:

Mencionar usos y aplicaciones civiles del GPS. Agricultura (planeo de parcelas), navegación aérea, navegación marítima, navegación en vehículos, trabajos topográficos, trabajos geodésicos, ocio (senderismo, bicicleta de montaña, montañismo, búsqueda de Geocaché), medición en trabajos forestales, etc.

Aparte de los clásicos mencionados, con las últimas tecnologías aparecen otros usos como el posicionamiento de imágenes tomadas con cámara fotográfica digital, integración para la navegación con ordenadores portátiles y Pocket PC, posicionamiento de un teléfono móvil cuando se realice una llamada de emergencia etc.



**Table 4-2. Estimate of Standard Positioning System User Range Error
Single Frequency Receiver (8 June 2000)**

| Error Source | User Range Error Contribution (± meters) |
|------------------------------------|---|
| Navigation Message Curve Fit | 0.20 |
| Tropospheric Model | 0.25 |
| C/A Code Phase Bias | 0.27 |
| Orbit | 0.57 |
| Receiver Noise | 0.80 |
| Satellite Clock | 1.43 |
| Ionospheric Model (global average) | 7.00 ¹ |
| URE (95%) | ± 7.22 m |

¹ Ionospheric model ranged from 1.30 m (best) to 7.00 m (worst)

Source: Figure A-5-12, (DoD 2001)

Globally, the URE for a single frequency ranged from 2.2 m to 14.6 m. A dual-frequency receiver had a far more accurate URE: 1.4 m to 2.3 m, with a global average of 1.7 m. If receiver multipath and other effects are added, say ± 2 to 4 m, then the UERE for a single-frequency receiver would be in the 10-15 m range. (URE) User Range Error or (UERE) User Equivalent Range Error. URE does not include the receiver's noise and multipath effects.

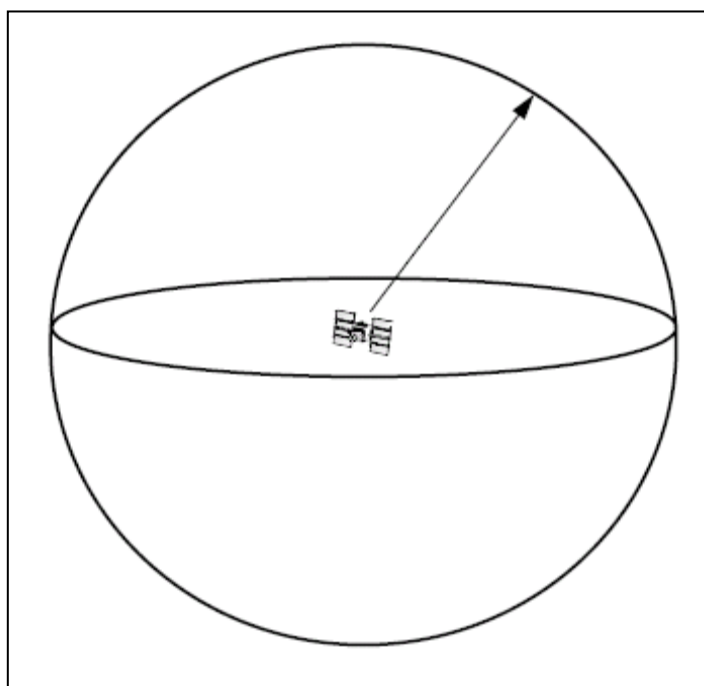
Funcionamiento del sistema:

Los satélites conocen su posición en el espacio en cada momento gracias a las estaciones de control terrestres (Segmento Terrestre).

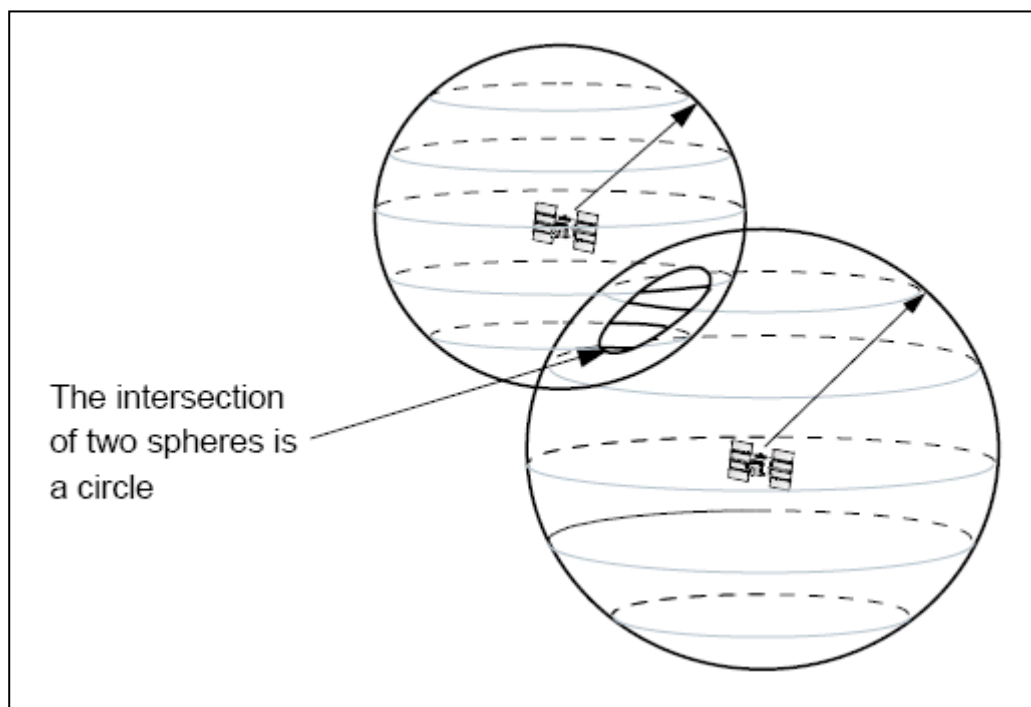
Los satélites transmiten constantemente su posición individual (lo que se conoce como Efemérides), hora precisa (UMT – Universal Metric Time) y datos de la constelación o posición del resto de satélites respecto a sí mismo (se conoce como Almanaque).

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

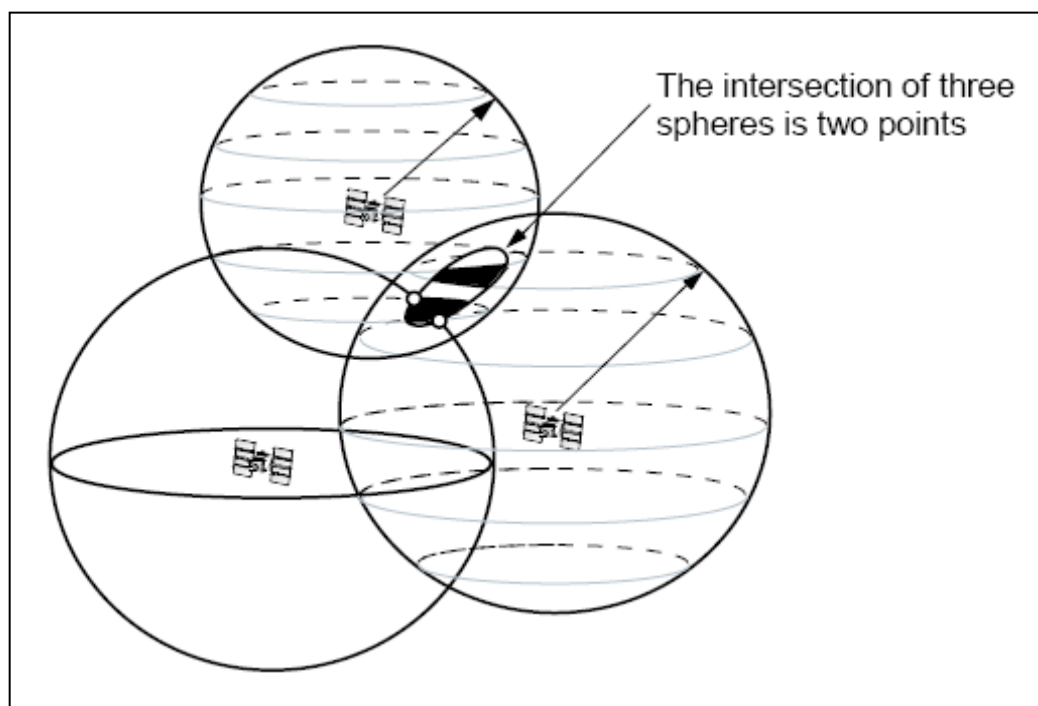
Cada satélite indica que el receptor se encuentra en un punto en la superficie de la esfera con centro en el propio satélite y de radio la distancia total hasta el receptor.



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



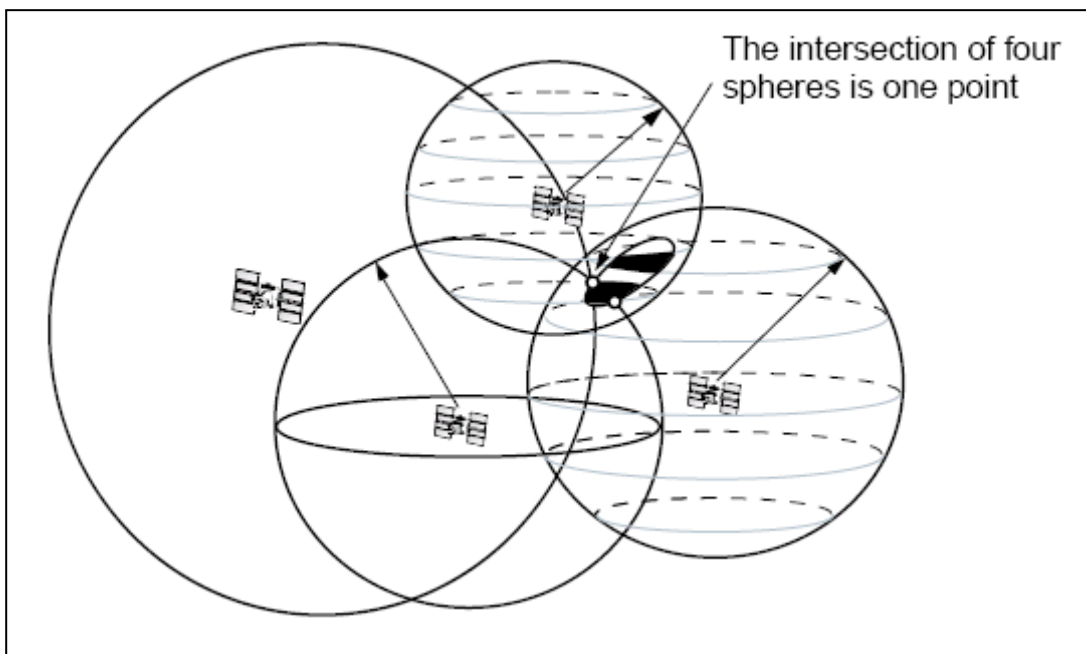
Con la información de un tercer satélite la nueva esfera corta la circunferencia anterior en dos puntos. Uno de ellos se puede descartar por ofrecer una posición absurda. Tendríamos una posición en 3-D, pero dado que el reloj que incorporan los



receptores GPS no está sincronizado con los relojes atómicos de los satélites GPS, los dos puntos determinados no son precisos.

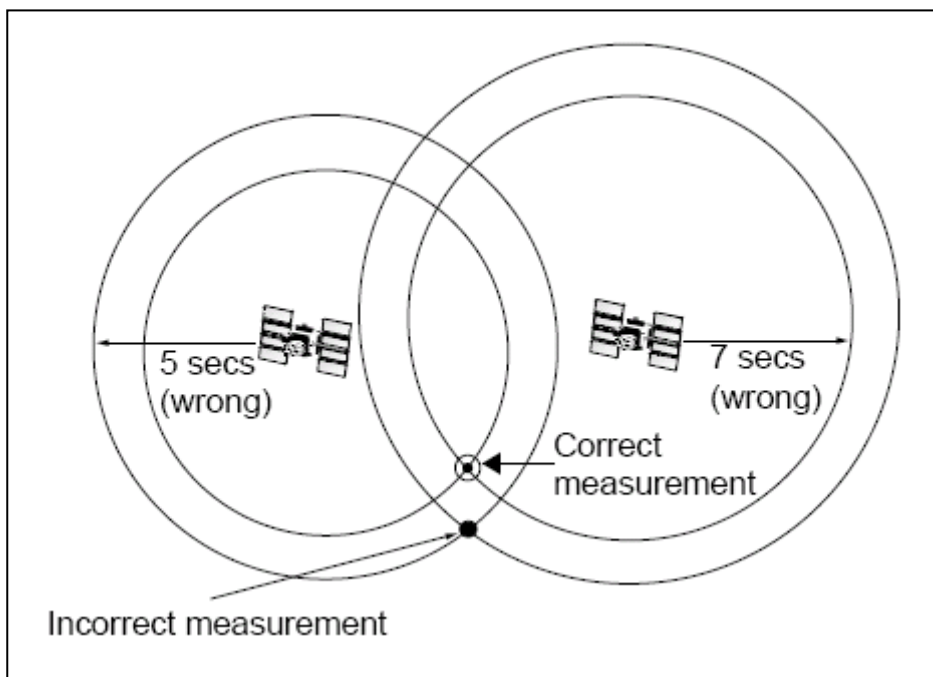
Con la información de un cuarto satélite, se puede determinar una posición 3-D exacta (latitud, longitud y altitud). Al no estar sincronizados los relojes entre el receptor y los

satélites, la intersección de las cuatro esferas es un pequeño volumen en lugar de un punto. La corrección es ajustar la hora del receptor de

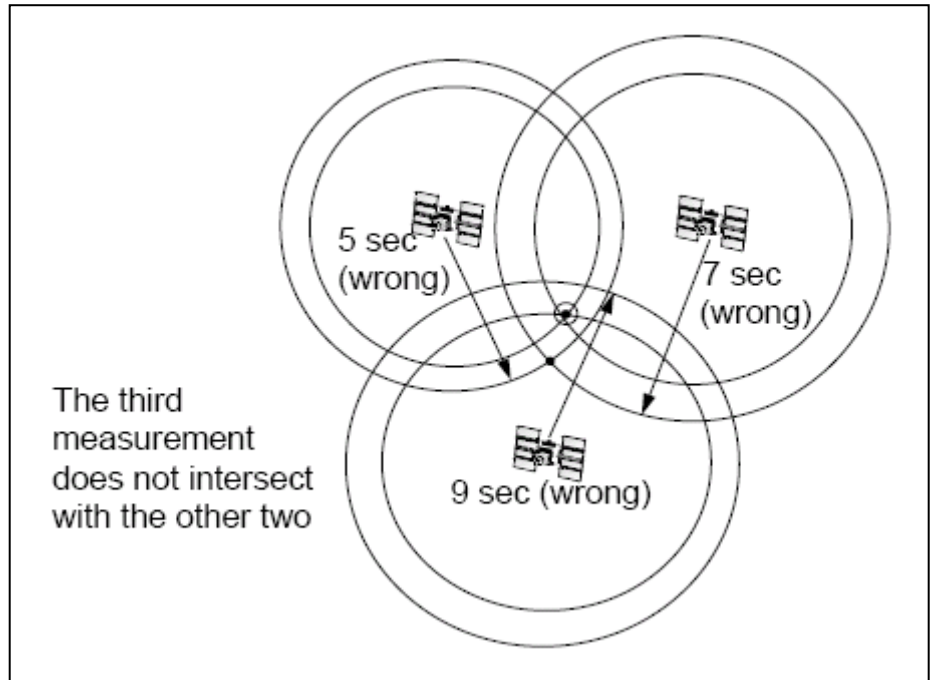


forma que este volumen se transforme en un punto. Los receptores de GPS utilizan la medida del cuarto satélite para eliminar el error de reloj.

Para el cálculo de una posición en 2D, el error producido por la intersección de dos satélites es el que se muestra en la figura; suponiendo el error cometido por la señal debido a la falta de sincronización de los relojes de los satélites con el receptor de GPS.



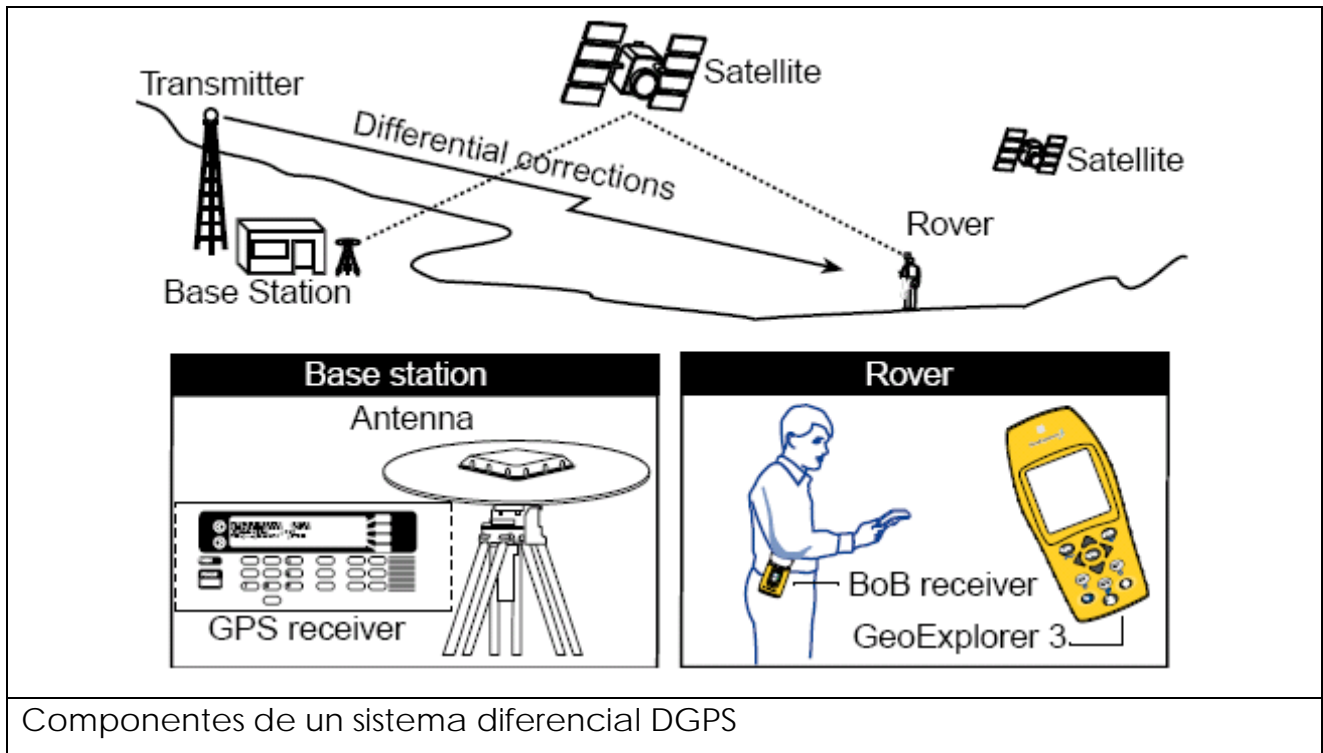
Para el cálculo de una posición en 2D, el error producido por la intersección de tres satélites es el que se muestra en la figura; suponiendo el error cometido por la señal debido a la falta de sincronización de los relojes de los satélites con el receptor de GPS. Con un tercer satélite, una de las medidas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



Cuando el receptor de GPS toma un serie de medidas que no intersecan en un punto, el ordenador del receptor añade o resta tiempo hasta que alcanza una respuesta que permiten los rangos de todos los satélites llegar a un punto realizando los ajustes convenientes de tiempo.

Una posición en 3D, necesita eliminar los errores de reloj mediante el recurso mínimo de cuatro satélites.

Corrección diferencial:

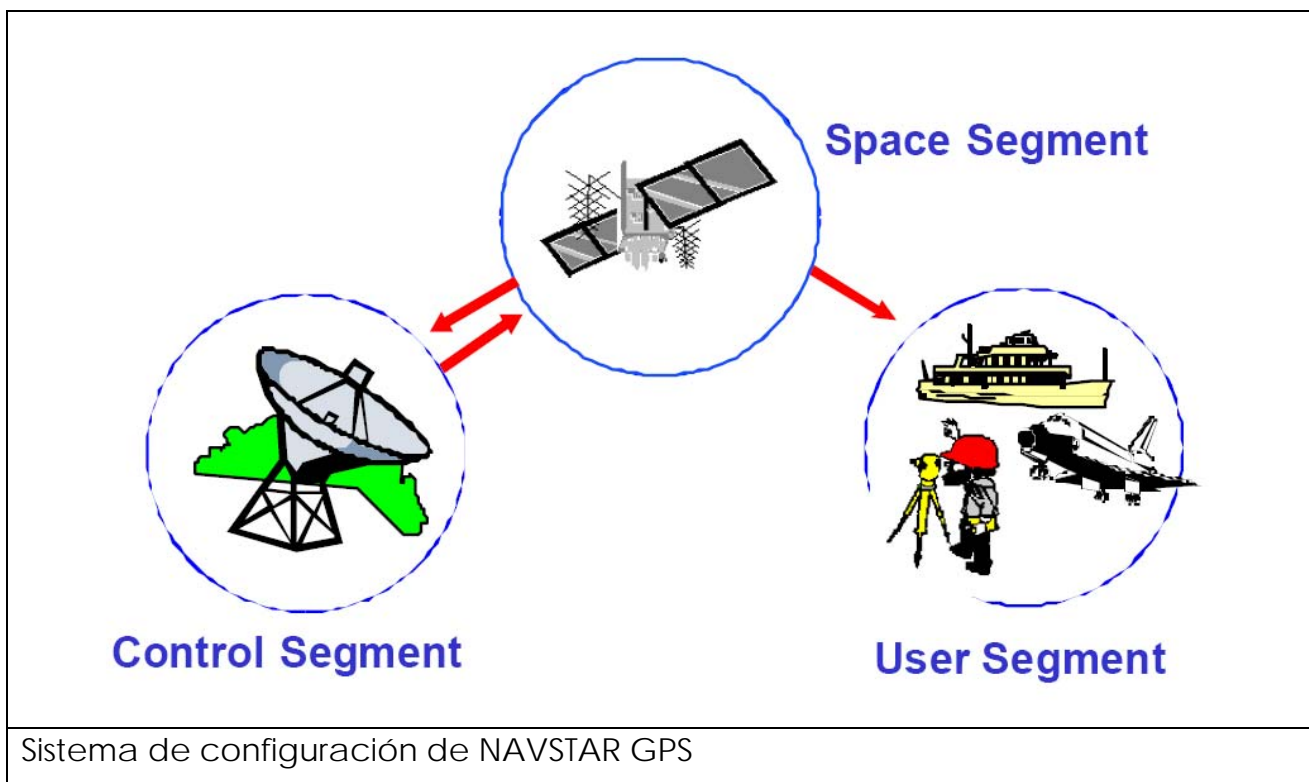


Existen dos métodos para la corrección diferencial:

- En tiempo real. Una estación base calcula y emite vía radio las correcciones para cada satélite; la corrección es recibida por el rover y aplica a cada posición su cálculo.
- En postproceso. La estación base graba la corrección de cada satélite en un fichero; el rover graba sus propias posiciones. En gabinete los dos ficheros son procesados a través de un programa obteniendo un fichero con las posiciones corregidas.

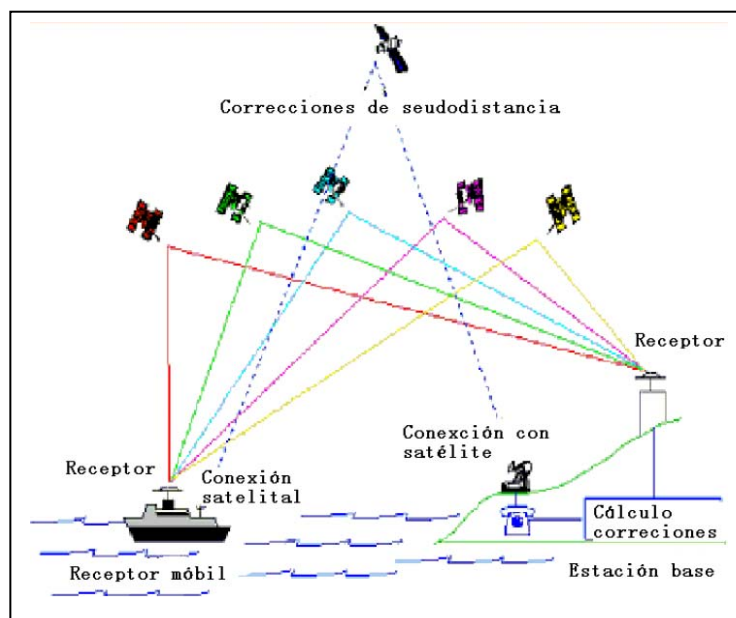
Sistema de configuración de NAVSTAR GPS:

El sistema NAVSTAR GPS consiste en tres segmentos: el segmento Espacio compuesto por la constelación de 24 satélites repartidos en 6 órbitas; el segmento de Control compuesto por estaciones terrestres de seguimiento y monitorización; y el segmento de Usuario compuesto por los receptores de aire, tierra y mar.



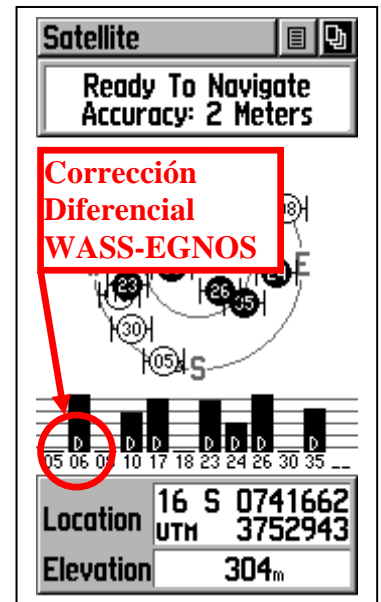
Sistema WAAS para corrección diferencial:

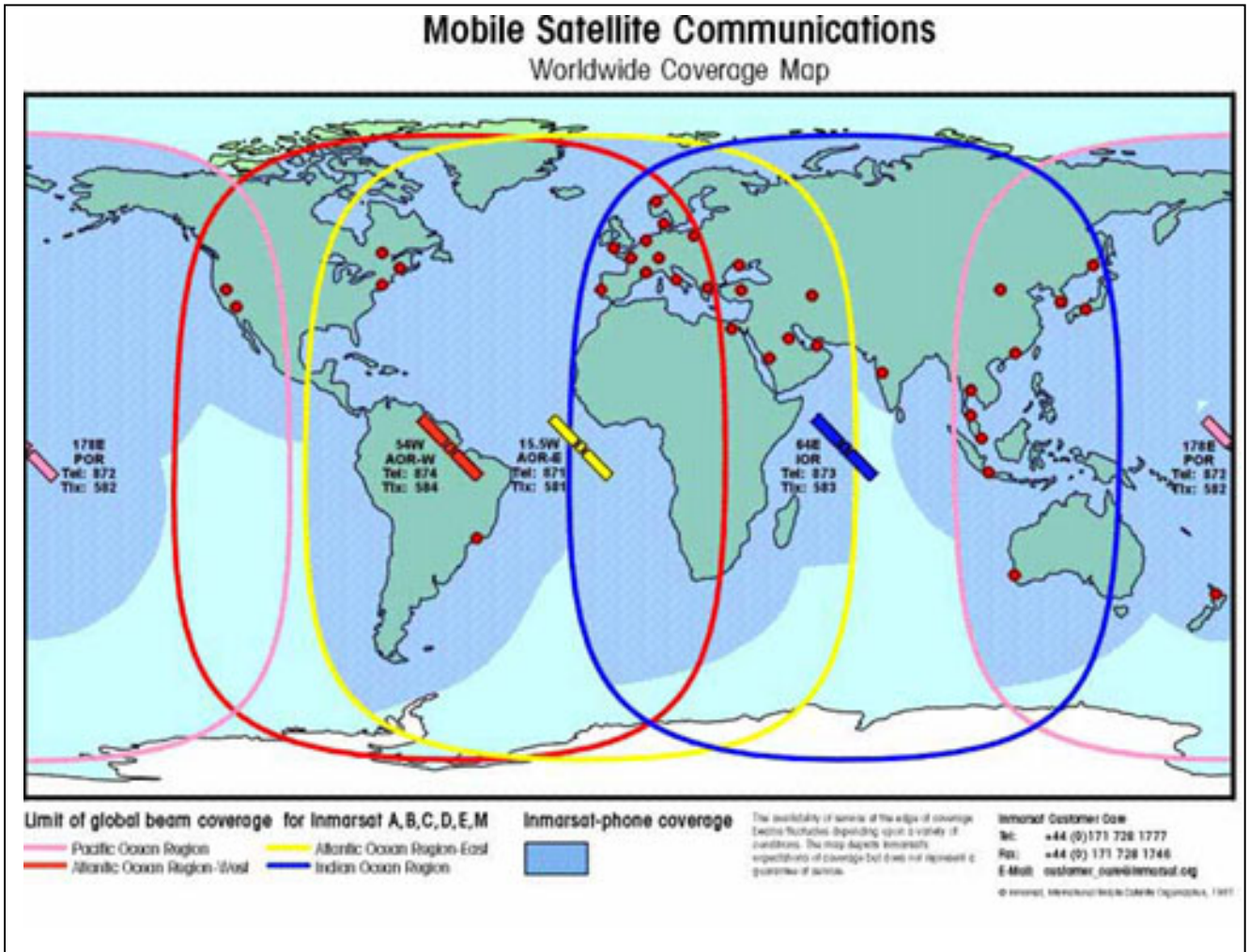
Wide Area Augmentation System (WAAS) fue diseñado principalmente para los usuarios de aviación. Provee de una señal en el espacio para navegar en ruta a través de una mayor exactitud y precisión en todas las fases de vuelo. La señal ofrece tres servicios: Integridad de datos de GPS y órbita de satélites geostacionarios terrestre; corrección diferencial de datos de GPS para mejorar la precisión; capacidad para mejorar la disponibilidad y la continuidad.



En Europa el sistema se conoce con el nombre de Europe's Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS), en Asia Multi-functional Satellite Augmentation System (MSAS).

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





Número de satélites visibles:

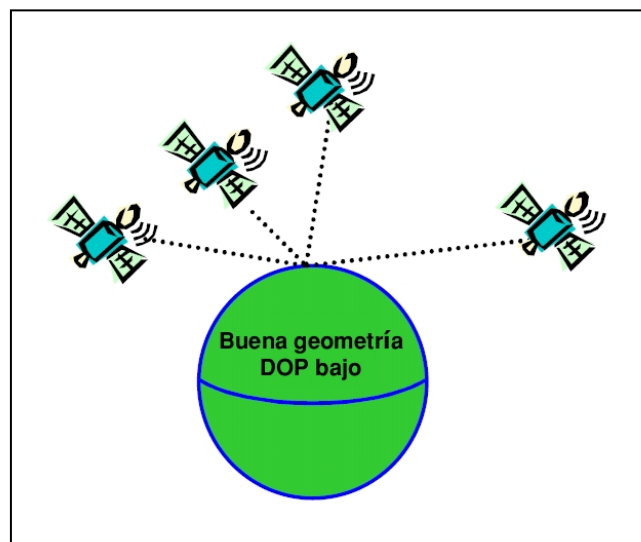
Tres satélites deben ser visibles para calcular posiciones 2D (latitud, longitud y tiempo), cuatro satélites visibles para calcular posiciones 3D (latitud, longitud, altitud y tiempo) siendo ideal tener cinco o más. Con cinco o más satélites el receptor GPS puede utilizarlos todos para dar una solución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

DOP:

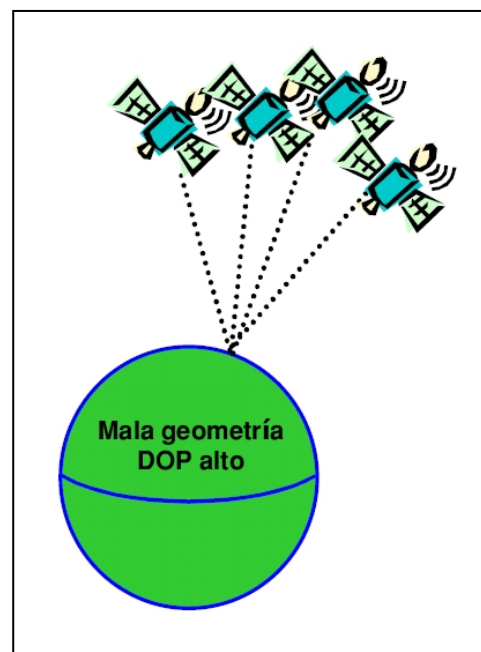
Dilution of Precision (DOP) es una indicación de la geometría de los satélites resultado del cálculo de la localización relativa de un satélite respecto a los otros dentro de la constelación que forman. Un nivel bajo de DOP indica una alta probabilidad de exactitud y viceversa.

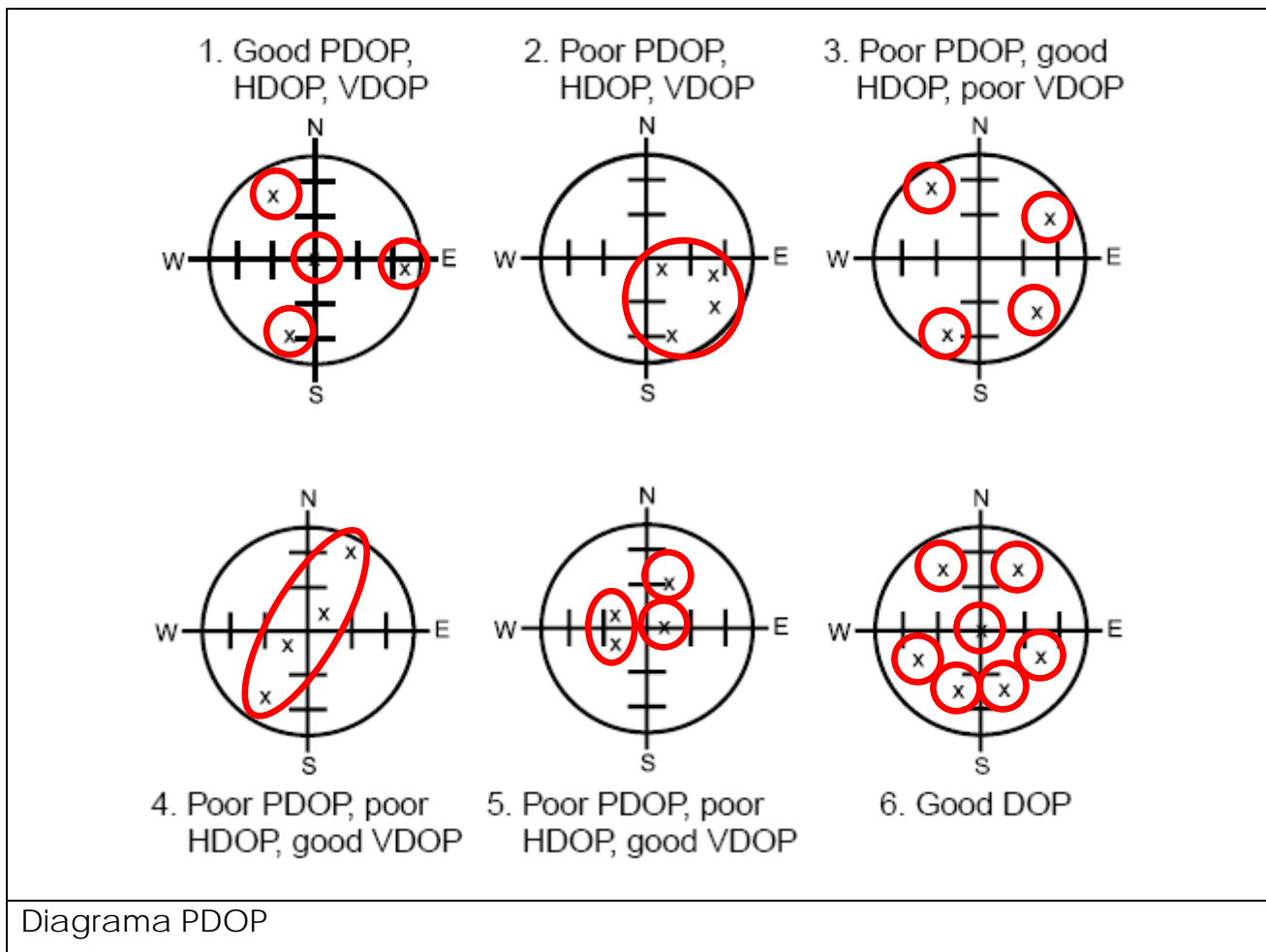
- Posición PDOP se refiere a las medidas horizontal y vertical (latitud, longitud, altitud).
- Horizontal HDOP se refiere a la medida horizontal (latitud, longitud).
- Vertical VDOP se refiere a la medida vertical (altitud).
- Tiempo TDOP se refiere a la medida de reloj.

Un PDOP de cuatro o menor indica excelentes posiciones; entre cinco y ocho las medidas tomadas son aceptables; de nueve o mayor significa que es pobre. En equipos receptores como Trimble Geoexplorer 3 se puede activar una máscara que limite o ignore elevados niveles de PDOP (por defecto es seis).



La máscara HDOP puede utilizarse en lugar de PDOP cuando se desea exactitud horizontal principalmente. Por defecto, la máscara HDOP para Trimble es de cuatro.





Se muestran diferentes geometrías en el trazado del cielo de la pantalla del receptor del GPS. La constelación ideal tiene 4 satélites, 3 eventualmente espaciados alrededor del horizonte y 1 directamente sobre la cabeza. Esta distribución ofrece la mayor precisión de posiciones 3D porque cualquier error horizontal de una dirección es comprobada por la medida de una dirección opuesta. El satélite que se encuentra sobre la cabeza comprueba la precisión de los otros tres.

Una pobre o mala geometría tiene todos los satélites posiciones en la misma parte del cielo de la pantalla del receptor de GPS (ejemplo nº 2) o todos los satélites a lo largo de la línea de cruce del cielo (ejemplo nº 4).

Aunque una determinada geometría pueda ser pobre, puede utilizarse cuando se requiera del nivel de exactitud del resto de parámetros; por ejemplo, si se necesita exactitud en las medidas horizontales (latitud y longitud) y no en la vertical (altitud)

se pueden tomar datos con geometrías del tipo de ejemplo 3 que tiene un PDOP alto con HDOP bueno.

Satélites extendidos a lo largo del horizonte proveerán la mejor posición horizontal pero la más débil elevación vertical. Por el contrario, si todos los satélites se encuentran en altas altitudes, la precisión de la solución horizontal cae pero la vertical mejora.

Máscara SNR:

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

Cuando la fuerza de la señal de un satélite es particularmente débil, las posiciones calculadas tienden a ser inexactas. Señales débiles pueden ser causadas por:

- La señal alcanza la antena del receptor GPS después de atravesar un objeto como pueda ser un árbol.
- La señal es reflejada por otras superficies y no viaja directamente hacia la antena (se conoce como multipath o múltiples caminos).
- La señal de un satélite bajo sobre el horizonte es más débil que la señal de un satélite situado por encima (la señal debe viajar más allá a través de la ionosfera y la atmósfera).
- La señal de satélites en ciertas partes del cielo pueden ser seguidas más efectivamente que la de otros en otras zonas por el patrón de radiación de la antena.

Para evitar señales débiles, en receptores GPS Trimble, se utiliza la máscara SNR de nivel cuatro.

Máscara de elevación:

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

Problemas que pueden surgir cuando el satélite se encuentra bajo en el horizonte:

- La señal del satélite debe viajar una gran distancia a través de la atmósfera resultando una fuerza de señal más baja con retraso en la recepción por parte del receptor de GPS (la distancia al satélite se calcula por el tiempo de viaje, un ligero retraso puede provocar un elevado error en la distancia calculada).
- Las señales de satélites con baja elevación tienden a reflejar en superficies cercanas y ambas señales (la original y la reflejada) son recibidas por el receptor de GPS. El efecto del múltiple camino o multitrayectoria es el mayor contribuidor al error en GPS y no es corregido por la corrección diferencial.

Aumentar la máscara de elevación limita el número de satélites con que el receptor contacta y puede producir un nivel de PDOP y HDOP más alto (se produce con valores de máscara de elevación entre 20° y 25°).

Tipo de medida:

De forma normal, podemos encontrarnos con unidades receptores de GPS que disponen de uno o de dos tipos de medición. Todos los receptores de GPS disponen de medida por código C/A. Dentro de los receptores de gama alta y/o profesionales, además del tipo de medida por código C/A, podemos encontrar unidades con el tipo de medición en fase portadora pudiendo capturar posiciones con nivel de precisión de centímetro en tiempo real y en posproceso (puede grabar datos para un solo punto durante varios minutos). Las técnicas de procesamiento en fase portadora son mucho más precisas que las técnicas de código C/A ya que tienen unos requerimientos más elaborados en posproceso y

los requerimientos en la toma de datos son también más estrictos (para una simple ubicación o emplazamiento se necesitan diez minutos o más para grabar datos en fase portadora).

Tipos de fichero:

Cada unidad de GPS almacena los datos de posición capturados en ficheros con formato Standard o con formato propietario de cada marca. En el caso de Trimble el formato de los ficheros es del tipo SSF propietario (Standard Storage Format) que mantiene dicha extensión al ser transferidos al PC. En el caso de Garmin, el fichero transferido al PC es del tipo GDB.

Los ficheros se pueden exportar a otros formatos mediante las aplicaciones de software incluidos en la caja de compra del producto. En el caso de Trimble, mediante el software Pathfinder Office, los formatos de exportación son:

- ARC/INFO (para NT y UNIX) Generate.
- AutoCAD DXF (con o sin bloques).
- dBASE.
- ESRI Shapefiles.
- GRASS.
- Vector IDRISI.
- MapInfo MIF.
- MGAL.
- Microsoft Access MDB.
- Microstation DGN.
- PC-ARC/INFO Generate.
- PC-MOSS.

En el caso de Garmin, mediante el software MapSource, los formatos de guardado/exportación son:

- GDB Base de Datos de GPS Garmin.
- MPS.
- TXT Texto Delimitado por Tabulaciones.
- AutoCAD DXF.
- GPX GPS Exchange Format.

Waypoint:

Son juegos de coordenadas que identifican un punto físico en el espacio. Esas coordenadas normalmente incluyen la longitud y la latitud (en ocasiones también la altitud, sobre todo para la navegación aérea) con un nombre y número asignado.

Un waypoint representa usualmente algún punto de interés geográfico al cual o desde el cual permite navegar. El número de waypoints que se pueden almacenar depende de cada unidad receptora de GPS.

Almanaque:

El fichero Almanaque se crea automáticamente en el receptor GPS desde los datos transmitidos por los satélites GPS. El fichero contiene información de las órbitas y el reloj de todos los satélites, que son utilizados por el receptor de GPS para facilitar la rápida adquisición y calcular el azimut y elevación de los mismos.

El fichero Almanaque puede ser transferido al PC desde unidades de GPS como Trimble.

Efemérides:

El fichero Efemérides se crea automáticamente en el receptor GPS desde los datos transmitidos por los satélites GPS. Los de datos de Efemérides contiene datos precisos, únicamente, del satélite que está siendo captado por el receptor GPS, son parámetros orbitales exclusivos de ese satélite y se utilizan para calcular la distancia exacta del receptor al satélite. Cuando el receptor ha captado la señal de, al menos, tres satélites calcula su propia posición en la Tierra mediante la triangulación de la posición de los satélites captados.

Antena:

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

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

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

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

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

GPS TIPO Y FUNCIONAMIENTO:

Sepura STP 8038:

Nuestro modelo de emisora dispone de una función GPS, que nos proporcionará información sobre:

- Posición, por coordenadas geográficas. Incluyendo el nº de satélites capturados)
- Dirección, en grados, en movimiento (la función se detiene si no hay desplazamiento)
- Velocidad, en kms/h, en movimiento (la función se detiene si no hay desplazamiento)

Modelo Garmin E-Trex

Características

- GPS con precisión métrica.
- Carcasa. Aleación de plástico de alta resistencia al impacto.
- Estanqueidad carcasa. IPX7 (a 1 metro durante 30 minutos).
- Peso. 150gr Pilas Incluidas
- Tamaño. 11 cm de alto X 5 cm de ancho X 3 cm de grosor.
- Pilas y duración. Dos baterías o pilas alcalinas AA. De forma continua 22h en modo "Ahorro de pila", 16 horas en uso "Normal".
- Receptor. Preparado para recepción diferencial de datos (WAAS), 12 canales paralelos.
- Tiempo de adquisición de satelites:
 - En caliente. 15 segundos.
 - En frío. 45 segundos.
 - Primera vez/Autolocate™. 5 minutos.
- Ratio de actualización. 1 por segundo, continuo.
- Precisión GPS. <15 metros (49 ft) RMS, 95% típico.
- Precisión DGPS (USCG). 1-5 metros (10-16 ft) 95% típico con correcciones DGPS.
- Precisión DGPS (WAAS). <3 metros (10 ft) 95% típico con correcciones DGPS.
- Precisión en velocidad. 0,05 metros/seg en estado estable.
- Consumo. 0,5 W máximo.



Utilización de la función GPS

Posicionamiento

1. Con la TETRA encendida, pulsaremos la tecla inferior del dial.



2. A continuación accedemos a las distintas carpetas de funciones que dispone La emisora. En primer lugar se accede a: "Información Radio", que no es otra cosa que la función específica de GPS. Para ello pulsar la tecla inferior del dial.

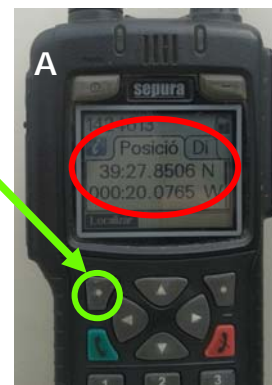
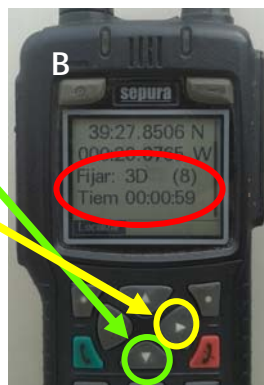


3. La primera información que se dispone es la del nivel de batería. Para entrar en la función del GPS, ello pulsar la tecla derecha del dial.



4. En primer lugar pulsar la tecla que inicia el proceso de búsqueda de satélites. Aparece la palabra "Localizar". Nos indicará la posición en coordenadas Geográficas (A) . Pulsar pulsar la tecla inferior del dial, para obtener la información del nº captura de satélites(B). (A mayor cantidad, mayor precisión)

Para acceder a la 3º pestaña (denominada "Dirección") dentro del menú: "Información de radio" pulsar la tecla derecha del dial.



Cálculo de la dirección en grados

Esta función permite saber la dirección exacta en movimiento. Para ello pulsar la tecla derecha del dial, después del punto anterior indica la velocidad, en km/h.

Nota: Estas dos funciones sólo se activan por desplazamiento de la persona.



TERMINOLOGÍA:

Waypoints.

La traducción viene a decir algo como un "punto en el camino". Son localizaciones que se pueden guardar para posteriormente proyectar.

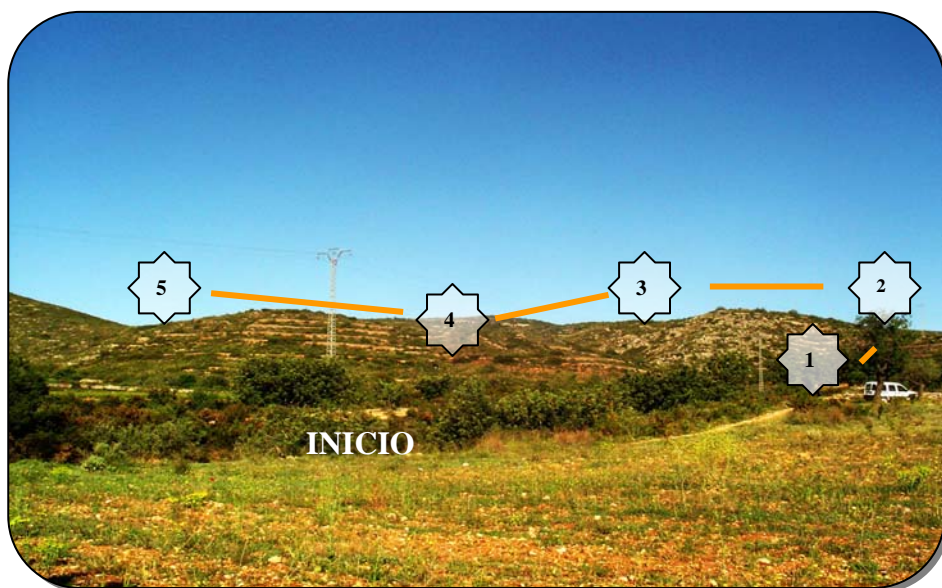
Tracks y Rutas

Una Ruta es un trayecto de un recorrido que pasa por una determinada serie de puntos (WAYPOINTS) que previamente han de ser definidos para la realización de la misma.

Un Track es la traza de un recorrido transitado y que graba en todo momento, sin necesidad de guardar WayPoints, ya que un Track toma los puntos automáticamente.

Ejemplo de RUTA:

Si se proyectan una serie de puntos, primero han de estar guardados en el gps como WAYPOINTS. A continuación, una vez seleccionados uno a uno, el gps calculará el camino más rápido para pasar por todos ellos.



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

Ejemplo de TRACK:

Para que quede marcado el TRACK, es necesario recorrer esa línea pintada en blanco, bien con un vehículo bien a pie. Automáticamente el gps registra el recorrido y lo muestra en la pantalla. De esta forma



no es necesario registrar WAYPOINTS, a no ser que nos resulte interesante marcar alguno.

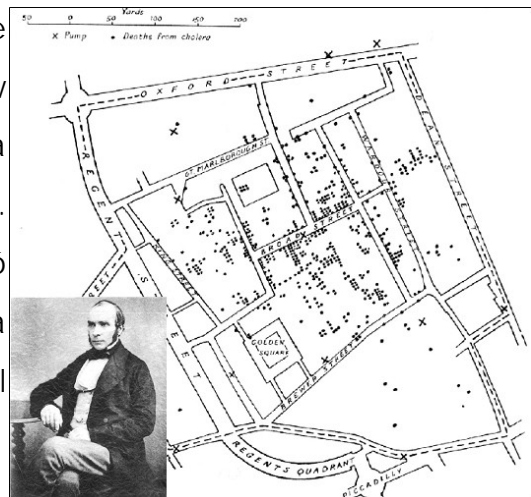


Introducción a los SIG

La clave de las capacidades de gestión y análisis de los SIG se basa en conjugar el conocimiento de la información geográfica en su aspecto espacial (posición sobre el territorio) y de su valor añadido (atributos asociados).

Introducción a los SIG: historia

Se puede decir que sus orígenes se remontan al año 1854, cuando el Dr. John Snow cartografió la incidencia de los casos de cólera en un mapa del distrito del SoHo en Londres. Gracias a este "primer" SIG, Snow consiguió localizar con precisión un pozo de agua contaminado como fuente causante del brote.

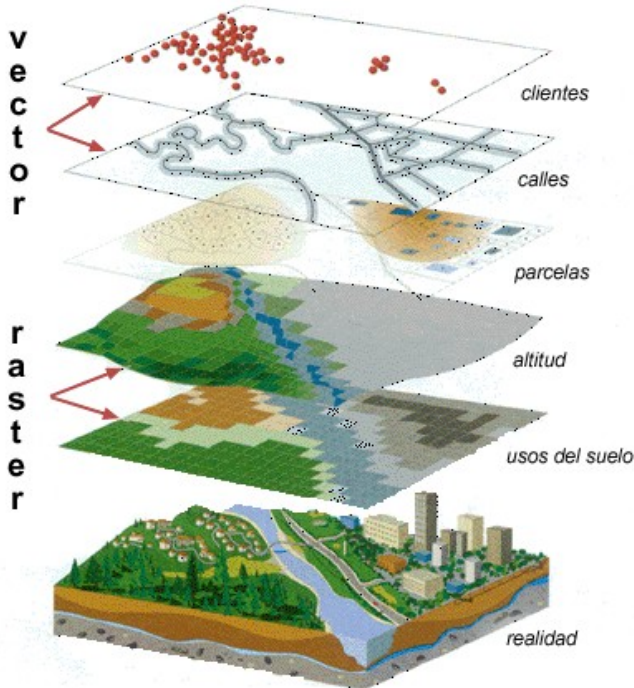


El Sistema de Información Geográfica de Canadá (CGIS), se considera como el sistema pionero, inició su creación en 1964, financiado por el Departamento de Agricultura de Canadá y en su desarrollo jugó un papel determinante Roger Tomlinson.

El CGIS se diseñó para una aplicación específica con el fin de llevar a cabo análisis con la base de datos (tipo inventario).

Desde el punto de vista conceptual el CGIS aportó nuevas ideas que están vigentes en los software SIG actuales como por ejemplo: La estructuración de información en capas temáticas, división de mapas digitales en hojas y ajuste en los bordes, topología de arcos, superposiciones topológicas, etc.

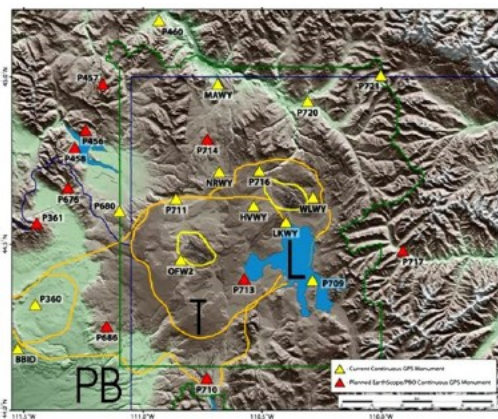
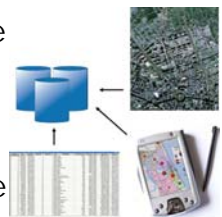
Introducción a los SIG: definición



El National Center for Geographic Information and Analysis de USA los define como "Sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados para resolver problemas complejos de planificación y gestión" (NCGIA, 1990).

Introducción a los SIG: funciones

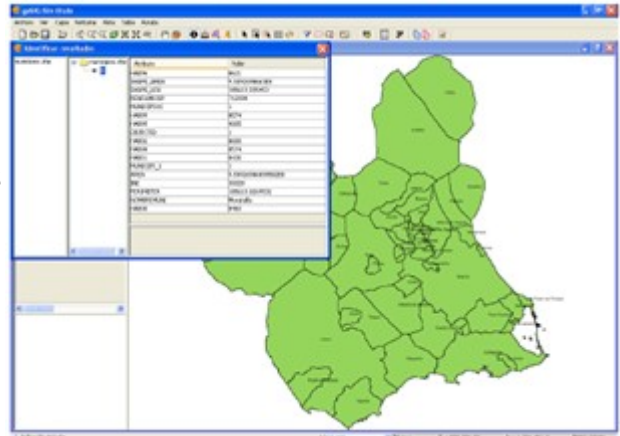
Almacenamiento: esto implica modelizar la realidad y codificar de numéricamente este modelo.



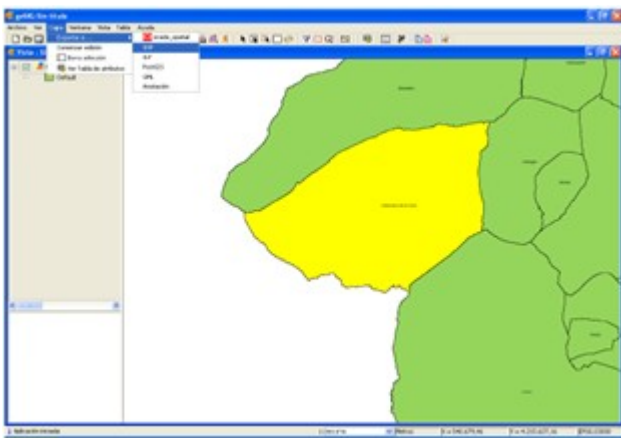
Visualización: los datos se presentan en cuatro dimensiones (3 espaciales y el tiempo), pero debido al peso que la tradición cartográfica tiene sobre los SIG, una de las formas prioritarias de presentación de los datos es en su proyección sobre el espacio bidimensional definido mediante coordenadas cartesianas.

Consulta (queries): esta operación implica:

- Seleccionar un subconjunto de datos que el usuario necesita en función de un conjunto de criterios previamente definidos.
- Presentarlo al usuario de forma útil, ya sea en tablas, gráficos o



mapas.

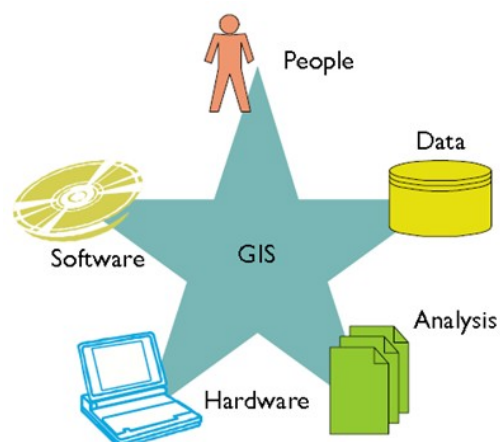


Análisis: aplicación de operaciones de manipulación que pueden generar nuevas capas de información (intersecciones, extracciones, uniones, topología, manipulación de imágenes, transformaciones de formatos, etc.).

Toma de decisiones: mediante el uso de instrucciones complejas de análisis espacial y álgebra de mapas.



Introducción a los SIG: Componentes



Datos espaciales

Uno de los pilares de los SIG son los datos. El sistema se "alimenta" de ellos y por ello es necesario un esfuerzo constante en su actualización y control de calidad.

La dualidad de la información geográfica se basa en la georreferenciación de atributos que "reposan" sobre el territorio, es decir, se anclan a posiciones espaciales que toman como referencia capas de información georreferenciada (carreteras, calles, edificaciones, vegetación, etc.)

Tradicionalmente, estas capas se almacenan en dos tipos de formatos, vectorial y raster. Dependiendo de ello, existen diferentes formas de almacenamiento y gestión, así como ventajas e inconvenientes en su uso y productos derivados.

Datos espaciales: vectoriales

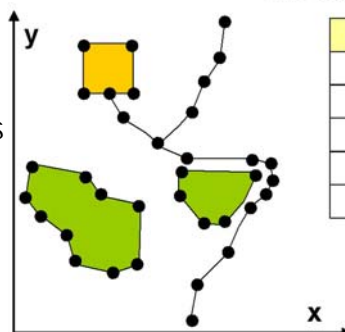
Son aquellos que para la descripción de objetos geográficos utilizan vectores definidos por pares de coordenadas relativas a algún sistema cartográfico. Se almacenan mediante primitivas gráficas (punto, línea o polígono).

de



Mundo real

Representación Vectorial



| Objeto | Coordenadas |
|---------|-------------------|
| Línea 1 | (x1,y1)...(xn,yn) |
| Línea 2 | (x1,y1)...(xn,yn) |
| Pol 1 | (x1,y1)...(xn,yn) |
| Pol 2 | (x1,y1)...(xn,yn) |
| Pol 3 | (x1,y1)...(xn,yn) |

Formatos: shp, dwg, dxf, gml, etc.

Representación de fenómenos discretos.

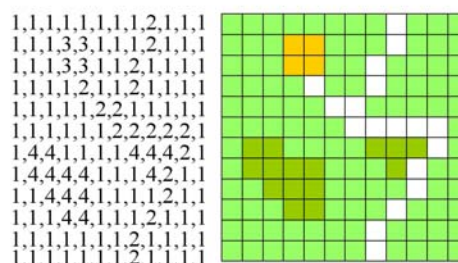
Datos espaciales: raster

Se divide la zona de afección de la base de datos en una retícula o malla regular de pequeñas celdas (a las que se denomina píxels) y atribuir un valor numérico a cada celda como representación de su valor temático.



Mundo real

Representación Raster



Cuanto mayor sea el tamaño de las celdas, menor es la precisión o detalle en la representación del espacio geográfico (resolución).

Formatos: tiff, ecw, jpg, MrSID, etc.

Representación de fenómenos no discretos.

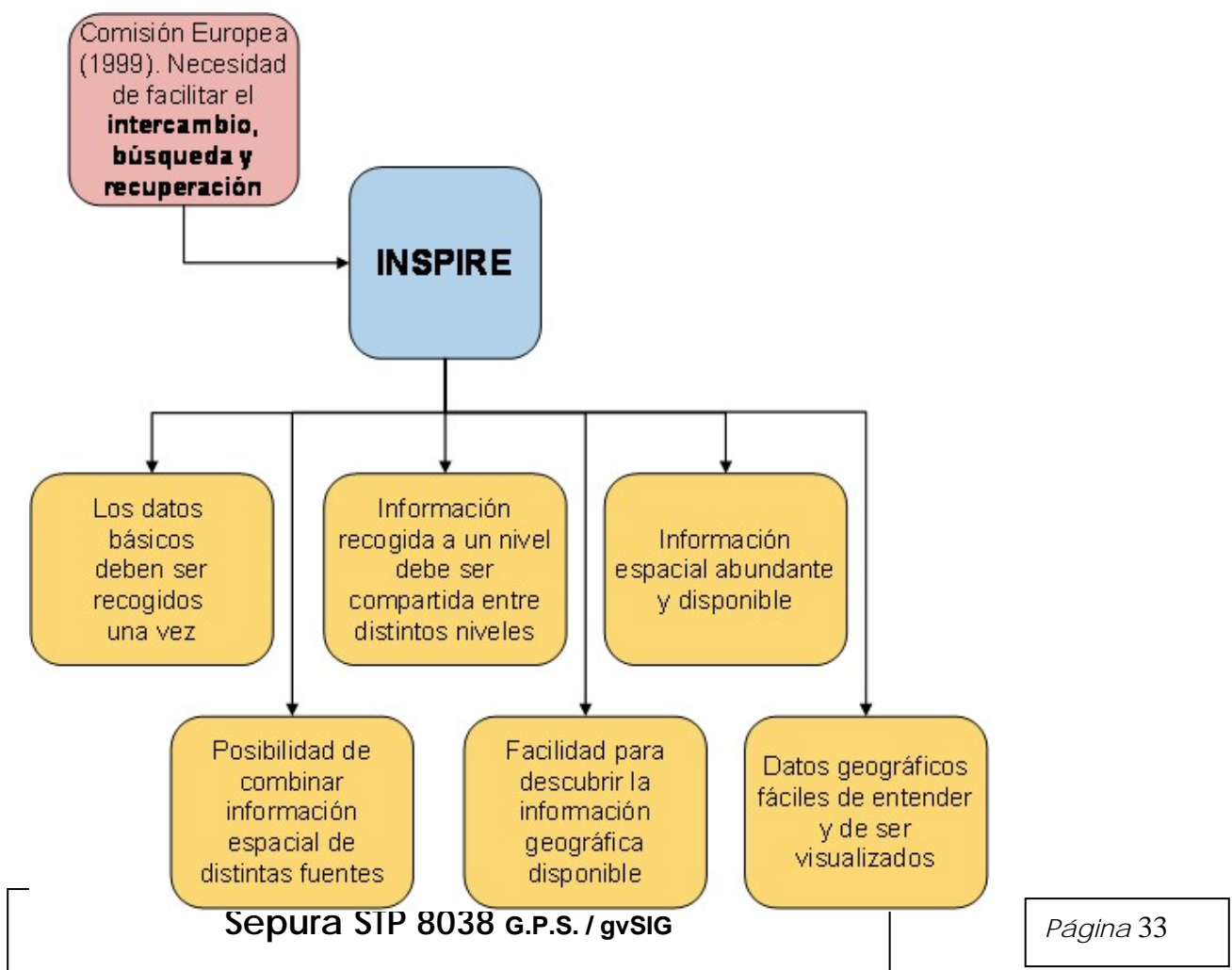
Datos espaciales: IDEs

Uno de los principales problemas de los SIG es el elevado coste y mantenimiento de la información espacial:

- Duplicación de esfuerzos.
- Duplicación de bases de datos, no siempre coherentes.
- Diseminación de copias de los datos.

Varias organizaciones han impulsado la creación de Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs) cuyos objetivos son:

- Facilitar la explotación e intercambio de datos espaciales.
- Definir una serie de normas que los productores de datos espaciales deben seguir.



¿Por qué gvSIG?

Supongamos que en una administración existe un SIG montado sobre un software propietario. Si tenemos una estructura montada entonces, ¿por qué cambiar el sistema?

- Inconvenientes:
 - Con el tiempo se multiplica el número de usuarios.
 - El coste de las licencias se hace muy elevado.
 - El Software propietario está cerrado a otras tecnologías.
- La dinámica del mundo SIG busca otros caminos:
 - INSPIRE.
 - IDE.
 - Interoperabilidad.
 - WMS, WFS, WFS-T, WCS...

Características:

Portable: funcionará en distintas plataformas hardware / software, inicialmente Linux y Windows. El lenguaje de programación es Java.

Modular: es ampliable con nuevas funcionalidades una vez finalizado su desarrollo.

De código abierto: el código fuente original con el que fue escrito está disponible.

Sin licencias: una vez finalizado el desarrollo no habrá que pagar nada por cada instalación que se realice, sin límite de número.

Interoperable con las soluciones ya implantadas: es capaz de acceder a los datos de otros programas propietario, como ArcView, AutoCAD o Microstation sin necesidad de cambiarlos de formato.

Sujeto a estándares: sigue las directrices marcadas por el Open GIS Consortium (OGC) y la UE.

SEPURA Acceso a la función de localización por GPS

