

# MANUAL USO DE BRUJULA Y GPS

## 1. CARTOGRAFÍA

### 1.1. INTRODUCCIÓN

La Cartografía es el arte o ciencia de trazar mapas (planos). La cartografía es importante porque se hace con la finalidad de representar las características de un determinado terreno o porción de terreno, teniendo como base la intención de representarlo de la manera mas real y en un tamaño pequeño, por ejemplo en un pedazo de papel.

“La cartografía es la más científica de las artes y las más artística de las ciencias” (Paul Theroux). “La humanidad ha inventado tres grandes formas de comunicación: el idioma, la música y los mapas. Pero la más antigua de las tres es la cartografía” (Editorial de *The Times*, 14 de octubre de 1992).

### 1.2. ¿QUÉ ES LA CARTOGRAFÍA?

La cartografía o trazado (dibujo) de mapas (planos) es, a la vez, un conjunto de técnicas y una materia de estudio académico. Para el trazado de mapas usualmente era necesario:

- 1) Saber encontrar y seleccionar la información sobre diferentes aspectos de la geografía a partir de fuentes diversas, para después sintetizar los resultados en un único grupo de datos consistente y preciso.
- 2) Técnicas y habilidades de diseño con el fin de crear un mapa final que consiga representar con fidelidad la información, para que los lectores, que poseen diferentes grados de habilidad en la lectura de mapas, puedan interpretarlo correctamente.
- 3) Destreza manual y técnicas de diseño gráfico para simplificar y dibujar la información mediante símbolos, líneas y colores, de modo que el amontonamiento o el desorden sean mínimos y el mapa resulte legible.

Pero los mapas no sólo son creaciones artísticas que muestran las habilidades de sus creadores, sino que son, al mismo tiempo, documentos históricos y sociológicos. Así, los primeros mapas producidos por instituciones cartográficas oficiales, a comienzos del siglo XIX, suponen un archivo de información de vital importancia sobre la evolución del paisaje hasta nuestros días, ya que muestran instalaciones olvidadas y antiguas líneas de ferrocarril o caminos abandonados.

Estos mapas muestran pruebas sobre tierras que pueden estar contaminadas debido a su uso. La realización de mapas y las circunstancias en que se efectuaron son temas de estudio académico, ya que pueden explicar ciertos aspectos de la mentalidad de esa época histórica.

No existe un modo correcto de trazar (dibujar) mapas (planos). El modo depende de las herramientas de las que dispone el cartógrafo, del propósito del mapa y de la base de conocimientos. Sin embargo, sí existen diversos métodos empíricos que pueden servir de guía al cartógrafo.

### **1.3. DIFERENTES TIPOS DE MAPAS**

Hay que tener en cuenta, también, que los diferentes tipos de mapas requieren un tratamiento distinto y diferentes técnicas para su realización.

La subdivisión más corriente es la que se realiza entre los mapas topográficos y los mapas temáticos. Los primeros muestran la distribución y asociación espacial de varios rasgos comunes del paisaje, como las fronteras, las redes de transporte (carreteras, líneas de ferrocarril, canales, senderos y aeropuertos), los cursos y masas de agua (ríos y lagos), los asentamientos humanos (pueblos y ciudades), la forma y altitud del terreno y otros.

Frente a los mapas topográficos o generales, los mapas temáticos se centran en las variaciones espaciales y en la fisonomía que presenta un solo atributo o en la relación existente entre varios. No hay límites en cuanto al contenido de los mapas temáticos, los cuales pueden reflejar tanto la geología de una zona como el porcentaje de población escolarizada en un tiempo determinado o el resultado de las últimas elecciones generales. Pero esta distinción no tiene mucho sentido, ya que el mapa topográfico es en sí mismo un mapa temático y muchos mapas temáticos podrían incluirse en la categoría de topográficos.

Una distinción más sustancial es la que se realiza entre los mapas de gran y pequeña escala. Los mapas temáticos se realizan generalmente a pequeña escala, donde la exactitud en el posicionamiento del elemento que se representa no es tan importante como reflejar correctamente las características estructurales básicas de distribución de ese elemento en el espacio. Pero cuando el área de estudio es un espacio más concreto, como el de una ciudad, los mapas suelen tener una escala relativamente grande. Éstos muestran un detalle mayor, reflejando, por ejemplo, el tipo de terreno y las propiedades de las fincas. Estos mapas suelen realizarse a escalas entre 1:500 y 1:5.000 y no se necesita generalizar o simplificar mucho la información recogida. El usuario sólo necesita poseer una ligera noción sobre el tipo de proyección que se ha utilizado.

Por el contrario, los mapas de pequeña escala suelen aparecer con unos niveles elevados de generalización o simplificación. Las carreteras y otros elementos pueden llegar a moverse de sitio, con el fin de evitar el amontonamiento de información y facilitar la legibilidad del mapa, siempre que los diferentes elementos que lo componen se hallen a la misma distancia entre sí. En los casos más extremos (mapas de escala 1:1.000.000 y más pequeñas) el resultado es, a menudo, una caricatura que tiene más el valor de una ilustración, ya que resulta muy imprecisa la información cuantitativa que se puede obtener de este tipo de mapas (como, por ejemplo, la distancia entre dos lugares).

Para poder ser una representación mas real los mapas utilizan escalas que viene a ser medidas relativas, así como un centímetro lineal en el mapa (plano), por ejemplo, representa un metro en el terreno; o sea la escala 1/100 o 1:100, lo que quiere decir que 1 centímetro representa 100 cm. (o sea un metro) en el terreno

La diferenciación entre mapas de pequeña y gran escala es arbitraria y, así, algunos países consideran gran escala a partir de 1:10.000, mientras que para otros sería a partir de 1:25.000.

Los mapas también pueden clasificarse en función del tipo de proyección utilizada. Éste determina tanto la apariencia como las propiedades y fiabilidad del mapa.

#### **1.4. EL NACIMIENTO DE LA NUEVA CARTOGRAFÍA**

La antigua cartografía floreció tras la invención de la imprenta. Durante cinco siglos los cartógrafos diseñaron los mapas sobre papel. Los métodos con los que creaban la imagen que iba a ser impresa evolucionaron, desde el grabado sobre arcilla y cobre hasta los trazados en plástico y la creación de las máscaras de color por medio de sofisticadas técnicas fotográficas.

En los últimos treinta años, y sobre todo desde 1990, la situación de la cartografía ha cambiado de forma radical debido a la aplicación de las computadoras. Los primeros trabajos de este tipo los realizaron meteorólogos y biólogos en Suecia, Gran Bretaña y Estados Unidos. Pero los trabajos más importantes los llevaron a cabo británicos y estadounidenses durante el periodo de 1968 a 1973, extendiéndose más tarde a todo el mundo.

Toda esta labor de investigación dio lugar a cambios significativos que han transformado definitivamente la cartografía. Podemos señalar los siguientes:

1) Los mapas se hacen ahora, generalmente, a partir de las bases de datos informatizadas. La computadora no se utiliza únicamente para automatizar las técnicas cartográficas de trazado tradicionales, sino que se ha convertido en un instrumento que controla la cantidad y calidad de los datos, los fusiona, selecciona aquellos que puedan resultar de mayor interés y refleja los resultados del modo en que desea el usuario.

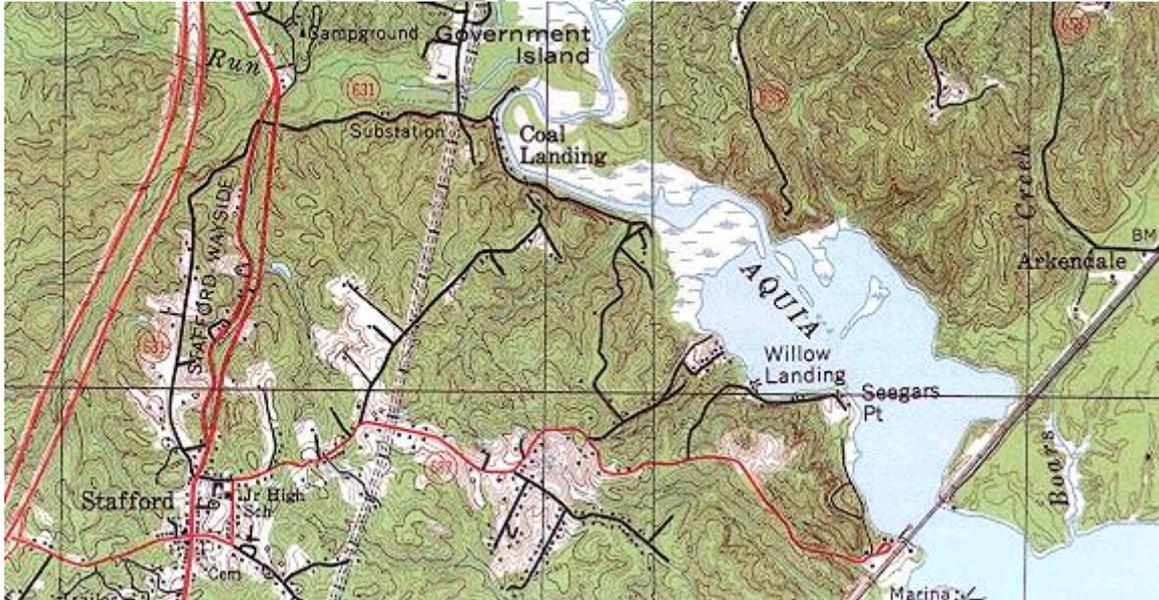
2) La adaptación de los resultados a las demandas de los clientes potenciales es algo corriente. Así, en algunos países se ha conseguido que el cliente pueda seleccionar en la pantalla de una computadora un área que le interese y que el mapa adopte la forma que él desee. El mapa se imprime en papel y su contenido dependerá de la elección del usuario y de la escala que escoja entre unos límites aproximados de 1:100 a 1:5.000.

3) Los mapas virtuales son algo común hoy en día. Estos mapas se pueden ver en la pantalla pero no pueden imprimir.

4) Los programas de computadora y los datos para efectuar este tipo de mapas son cada vez más accesibles al público. Debido a todas estas razones existen

ahora más mapas que en el pasado, y estos mapas los realizan a menudo personas que casi no tienen preparación cartográfica.

Algunos de estos mapas se alejan mucho del antiguo estilo de mapa lineal. Las distorsiones geométricas de la fotografía aérea y de las imágenes de satélite pueden corregirse ahora con programas informáticos y obtener una resolución excelente para algunos lugares en los que los mapas anteriores se habían quedado anticuados, por no reflejar los cambios producidos, o para ciertos tipos de paisajes como estuarios y otros humedales.



Mapa topográfico

Los mapas topográficos permiten conocer la topografía del terreno a través de sombreados, curvas de nivel normales u otros sistemas de representación gráfica. Asimismo señalan localizaciones generales, límites administrativos y las características especiales de un área. Este tipo de mapas ofrece muchas ventajas. Por ejemplo, muchos excursionistas utilizan los mapas topográficos para orientarse y planear sus rutas conscientes de los obstáculos y las señales principales. En la leyenda de cada mapa se indican la escala y los símbolos específicos (ferrocarril, escuelas, carreteras y puentes) que se emplean en él. Generalmente, el color verde indica la presencia de vegetación, mientras que el blanco se emplea para su ausencia. Una serie de isóneas o líneas que unen igual altitud (en color sepia) y que nos muestran el relieve, por ejemplo las montañas, colinas o valles. Las líneas muy juntas indican que el terreno es muy escarpado. Si, por el contrario, están muy separadas, significa que el terreno tiene poca diferencia altitudinal.

## **2. BRÚJULA**

### **2.1. INTRODUCCIÓN**

La Brújula, es un instrumento que indica el rumbo (dirección), empleado por marineros, pilotos, cazadores, excursionistas, viajeros y exploradores para orientarse. Hay dos tipos fundamentales de brújula: la brújula magnética, que en versiones primitivas se utilizaban hace varios siglos, y el girocompás o brújula giroscópica, un dispositivo desarrollado a comienzos del siglo XX. En la brújula magnética el rumbo se determina a partir de una o varias agujas magnetizadas que señalan al polo norte magnético bajo la influencia del campo magnético terrestre.

## **2.2. BRÚJULA MAGNÉTICA**

En su forma más sencilla este tipo de brújula está formada por una aguja magnetizada montada en un pivote situado en el centro de un círculo graduado fijo (denominado rosa de los vientos) de modo que la aguja pueda oscilar libremente en el plano horizontal. El compás náutico, una brújula magnética utilizada en la navegación, tiene varios haces de agujas magnetizadas paralelas fijados a la parte inferior de la rosa que pivota sobre su centro en un recipiente de bronce cubierto de vidrio. El recipiente está montado en un balancín, por lo que la rosa mantiene una posición horizontal a pesar del balanceo y cabeceo del barco.

En el compás líquido, el más estable de los compases náuticos, el recipiente está lleno de líquido, una mezcla de alcohol y agua. El líquido ayuda a sostener la rosa, que en este tipo de brújula pivota sobre su centro y flota en el líquido, con lo que se reduce la fricción en el pivote y se amortiguan las vibraciones de la rosa causadas por el movimiento del buque. Estas ventajas hacen que el compás líquido se emplee más que el compás seco. En ambos tipos hay trazada una línea negra vertical, conocida como línea de fe, en la superficie interior del recipiente, orientada según la proa del barco. El rumbo del buque se obtiene leyendo los grados que marca la rosa frente a la línea de fe. La brújula magnética sólo apunta al norte magnético si el barco está libre de magnetismo y si no hay objetos grandes de hierro o acero en las proximidades. Si el barco está magnetizado o la aguja se ve afectada por objetos de hierro o acero, se produce el error conocido como desviación. Para corregir la desviación la brújula se instala en un soporte denominado bitácora de compensación, equipado con un sistema de imanes que compensan las influencias perturbadoras.

Para obtener el norte verdadero en una brújula magnética también hay que efectuar las correcciones debidas a la declinación magnética (el ángulo formado entre el meridiano magnético y el meridiano verdadero). Este ángulo (también llamado variación magnética) puede ser positivo o negativo, y varía con la posición geográfica y en cierta medida con el tiempo. Se han determinado la magnitud, el signo y el cambio anual de la declinación de la mayoría de los lugares de la superficie terrestre, y estos datos están registrados en todas las cartas náuticas. Las tormentas magnéticas provocan cambios transitorios e impredecibles de la declinación, sobre todo en las latitudes más elevadas (véase Geofísica).

El compás náutico convencional resulta poco fiable en las aeronaves debido a los errores introducidos por los giros y aceleraciones bruscas del avión. Para eliminar estos errores, los compases aeronáuticos tienen un diseño especial, con unidades direccionales magnéticas estabilizadas respecto al movimiento del avión mediante péndulos o giróscopos.



Rolf Richardson/Robert Harding Picture Library

#### **Brújula magnética**

Una aguja magnetizada que puede girar libremente, como la de una brújula, apunta al norte magnético. La dirección del norte magnético es diferente de la del norte geográfico o verdadero. El primero está determinado por la orientación del campo magnético de la Tierra. El norte verdadero es la dirección del polo norte, uno de los extremos del eje de rotación de la Tierra. La diferencia entre la lectura de la brújula y el norte verdadero se llama declinación magnética.



National Maritime Museum/Dorling Kindersley

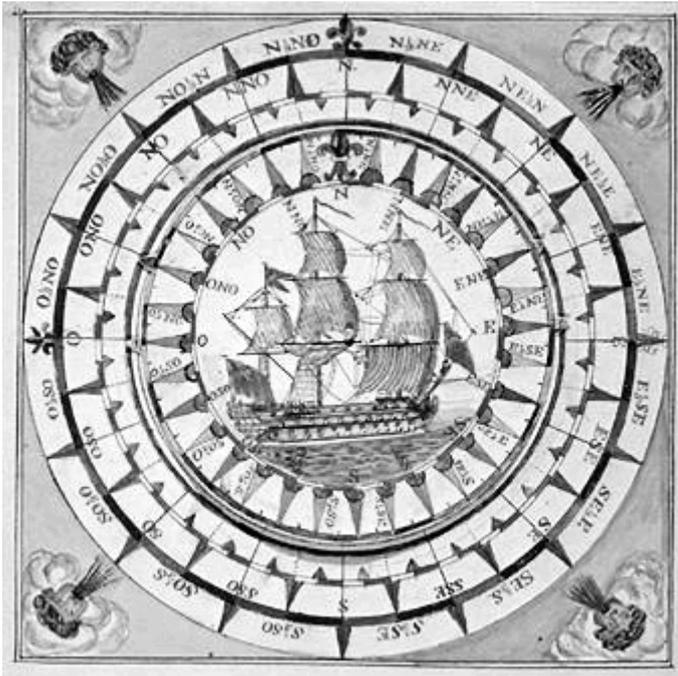
#### **Brújula china**

Los primeros navegantes chinos empleaban brújulas magnéticas como ésta para encontrar su rumbo en mar abierto. Probablemente, las primeras brújulas magnéticas fueron desarrolladas en el siglo X por navegantes chinos y europeos.

### **2.3. GIROCOMPÁS**

Este dispositivo, dotado de uno o más giróscopos, se emplea para la navegación de todos los buques de cierto tamaño. El girocompás no se ve afectado por el magnetismo y apunta al norte verdadero, sin estar sometido a los errores inherentes de desviación y declinación que afectan a la brújula magnética. Los girocompases cuentan con dispositivos de corrección para compensar la deriva hacia el Este debida al movimiento de la Tierra y los errores de velocidad y rumbo. En la mayoría de los barcos oceánicos, el girocompás está conectado eléctricamente con un piloto automático, un dispositivo que dirige el timón del barco de forma automática y mantiene su rumbo de acuerdo a las señales del girocompás.

## LA ROSA DE LOS VIENTOS



Cortesía del Museo Naval, Madrid./Archivo Fotográfico Oronoz

### Rosa de los vientos

También conocida como rosa de la aguja o rosa náutica, la rosa de los vientos fue, antes de la generalización de las **brújulas** magnéticas, una excelente referencia en las cartas marinas en la que se mostraba la dirección de los ocho vientos principales. Las más antiguas rosas de los vientos de las que se tiene noticias son las que aparecen en las cartas de navegación del siglo XIII manejadas por los navegantes españoles e italianos. En ellas, los ocho puntos cardinales aparecían marcados con las iniciales de los principales vientos, si bien en ocasiones —como puede observarse en la rosa que aparece en la imagen— el punto cardinal Este aparecía señalado con una cruz, en tanto que el Norte lo hacía con una flor de lis. A partir de la expansión del uso de la **brújula**, la rosa de los vientos pasó a convertirse en una herramienta auxiliar de aquélla.

## **3. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL**

### **3.1. INTRODUCCIÓN**

El Sistema de Posicionamiento Global, conocido también como GPS (del inglés Global Positioning System), es un sistema de navegación basado en 24 satélites, que proporcionan posiciones en tres dimensiones, velocidad y tiempo, las 24 horas del día, en cualquier parte del mundo y en casi todas las condiciones climáticas. Al no haber comunicación directa entre el usuario y los satélites, el GPS puede dar servicio a un número ilimitado de usuarios.

### **3.2. HISTORIA Y DESARROLLO**

Dirigido por el Departamento de Defensa de Estados Unidos, el Sistema de Posicionamiento Global Navstar se creó en 1973 para disminuir los problemas en la navegación. Al ser un sistema que supera las limitaciones de la mayoría de los sistemas de navegación existentes, el GPS consiguió gran aceptación entre la mayoría de los usuarios. Desde los primeros satélites, se ha probado

con éxito en las aplicaciones de navegación habituales. Como puede accederse a sus funciones de forma relativamente rápida y directa con equipos pequeños (portátiles) y baratos, el GPS ha fomentado muchas aplicaciones nuevas.



#### **Sistema de Posicionamiento Global**

Puesta en órbita de un satélite Navstar de Sistema de Posicionamiento Global (GPS) mediante cohetes Delta. Los satélites GPS transmiten continuamente datos relativos a su posición y la hora exacta. La navegación militar y civil utiliza la información recibida de distintos satélites para determinar su propia posición.

### **3.3. CARACTERÍSTICAS**

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) está disponible en dos formas básicas: SPS, iniciales de Standard Positioning Service (Servicio de Posicionamiento Estándar), y PPS, siglas de Precise Positioning Service (Servicio de Posicionamiento Preciso). El SPS proporciona la posición absoluta de los puntos con una precisión de 100 m. El código PPS permite obtener mayor precisión ; este código es accesible sólo a los militares de Estados Unidos y sus aliados, salvo en situaciones especiales..

Las técnicas de mejora, como el GPS diferencial (DGPS), permiten a los usuarios alcanzar hasta 3 m de precisión. Los investigadores fueron los primeros en usar portadoras para calcular posiciones con una precisión menor de 1 cm. Todos los usuarios tienen a su disponibilidad SPS, DGPS y técnicas portadoras. y el Navegador GPS, aparato portátil pero de una precisión relativa.

### **3.4. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL**

Los satélites GPS llevan relojes atómicos de alto grado de precisión. La información horaria se sitúa en los códigos de transmisión mediante los

satélites, de forma que un receptor puede determinar en cada momento en cuánto tiempo se transmite la señal. Esta señal contiene datos que el receptor utiliza para calcular la ubicación de los satélites y realizar los ajustes necesarios para precisar las posiciones. El receptor utiliza la diferencia de tiempo entre el momento de la recepción de la señal y el tiempo de transmisión para calcular la distancia al satélite. El receptor tiene en cuenta los retrasos en la propagación de la señal debidos a la ionosfera y a la troposfera. Con tres distancias a tres satélites y conociendo la ubicación del satélite desde donde se envió la señal, el receptor calcula su posición en tres dimensiones.

Sin embargo, para calcular directamente las distancias, el usuario debe tener un reloj atómico sincronizado con el Sistema de Posicionamiento Global. Midiendo desde un satélite adicional se evita que el receptor necesite un reloj atómico. El receptor utiliza cuatro satélites para calcular la latitud, la longitud, la altitud y el tiempo.

### **3.5. PARTES DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL**

El Sistema de Posicionamiento Global consta de tres divisiones: espacio, control y usuario. La división espacio incluye los satélites y los cohetes Delta que lanzan los satélites desde Cabo Cañaveral, en Florida, Estados Unidos. Los satélites GPS se desplazan en órbitas circulares a 17.440 km de altitud, invirtiendo 12 horas en cada una de las órbitas. Éstas tienen una inclinación de 55° para asegurar la cobertura de las regiones polares. La energía la proporcionan células solares, por lo que los satélites se orientan continuamente dirigiendo los paneles solares hacia el Sol y las antenas hacia la Tierra. Cada satélite cuenta con cuatro relojes atómicos.

La división control incluye la estación de control principal en la base de las Fuerzas Aéreas Falcon, en Colorado Springs, Estados Unidos, y las estaciones de observación situadas en Falcon AFB, Hawaii, en la isla de Ascensión en el Atlántico, en Diego García en el océano Índico, y en la isla Kwajalein en el Pacífico sur. Las divisiones de control utilizan las medidas recogidas en las estaciones de observación para predecir el comportamiento de las órbitas y relojes de cada satélite. Los datos de predicción se conectan a los satélites para transmitirlos a los usuarios. La división control también se asegura de que las órbitas de los satélites GPS permanezcan entre los límites y de que los relojes no se alejen demasiado del comportamiento nominal.

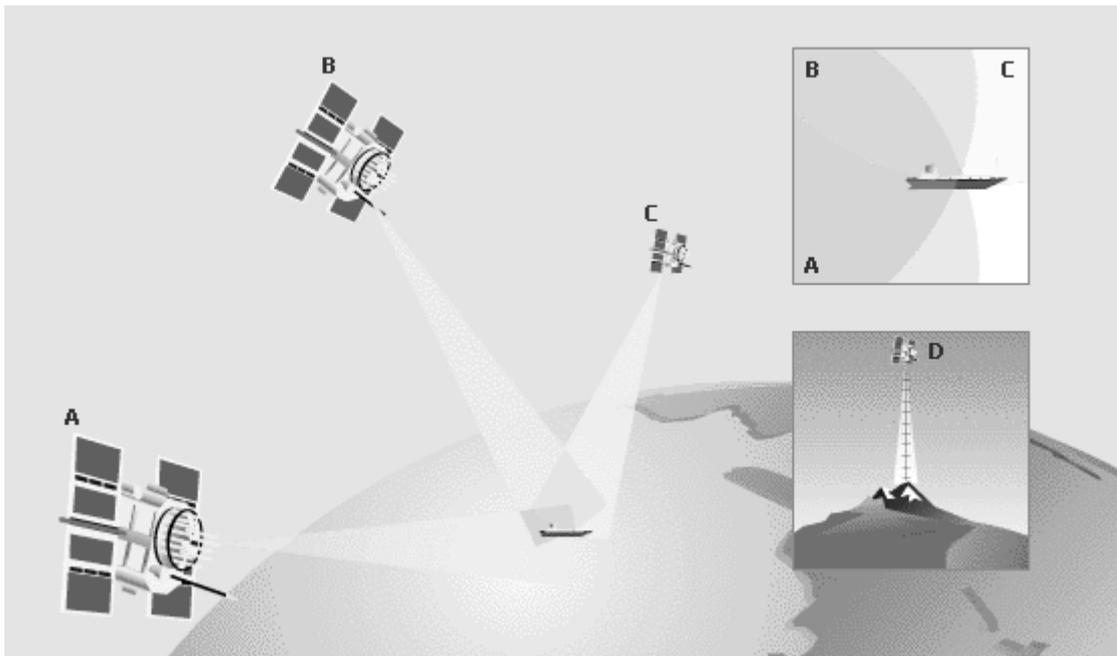
La división usuario es un término en principio asociado a los receptores militares. Los GPS militares utilizan equipos integrados en armas de fuego, armamento pesado, artillería, helicópteros, buques, submarinos, carros de combate, vehículos de uso múltiple y los equipos individuales para soldados. Además de las actividades básicas de navegación, su aplicación en el campo militar incluye designaciones de destino, apoyo aéreo, municiones 'terminales' y puntos de reunión de tropas. La lanzadera espacial está dotada de un Sistema de Posicionamiento Global.

Con más de medio millón de receptores de GPS, los usuarios civiles tienen una división propia, grande y diversa. Incluso antes de que todos los componentes de los satélites estuvieran en órbita, los investigadores utilizaban el Sistema de

Posicionamiento Global para adelantar días o semanas los métodos oficiales de investigación. El GPS se usa hoy en aviones y barcos para dirigir la navegación en las aproximaciones a los aeropuertos y puertos. Los sistemas de control de seguimiento envían camionetas y vehículos de emergencia con información óptima sobre las rutas. El método denominado 'granja de precisión' utiliza el GPS para dirigir y controlar la aplicación de fertilizantes y pesticidas. También se dispone de sistemas de control de seguimiento como elemento de ayuda a la navegación en los vehículos utilizados por excursionistas.

### **3.6. APLICACIONES FUTURAS**

En la actualidad hay 24 satélites GPS en producción, otros están listos para su lanzamiento y las empresas constructoras han recibido encargos para preparar más y nuevos satélites para el siglo XXI. Al aumentar la seguridad y disminuir el consumo de carburante, el Sistema de Posicionamiento Global será el componente clave de los sistemas aeroespaciales internacionales y se utilizará desde el despegue hasta el aterrizaje. Los conductores lo utilizarán como parte de los sistemas inteligentes en carretera y los pilotos para realizar los aterrizajes en aeropuertos cubiertos por la niebla y otros servicios de emergencia. El sistema ha tenido una buena acogida y se ha generalizado en aplicaciones terrestres, marítimas, aéreas y espaciales.



#### **Determinación de la posición con el sistema GPS**

Los satélites del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) describen órbitas a gran altura sobre la Tierra en ubicaciones precisas. Permiten que el usuario de un receptor de GPS determine de forma exacta su latitud, longitud y altitud. El receptor mide el tiempo que tardan en llegar las señales enviadas desde los diferentes satélites (A, B y C). A partir de esos datos, el receptor triangula la posición exacta. En todo momento, cada punto de la Tierra recibe cobertura de varios satélites. Se necesitan tres satélites para determinar la latitud y la longitud, mientras que un cuarto satélite (D) es necesario para determinar la altitud.