



**PLANET  
CHANGE**

# GNSS: Logística desde el espacio

Manual del profesor



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

**Planet change** is the short name of an EU Erasmus+ project aimed at VET teachers and their students. With small activities, the idea is to create awareness about sustainability and acquire 21st century skills. All this is done in a technical context, mostly from space technology.

[www.planetchange.eu](http://www.planetchange.eu)



<https://www.planetchange.eu>

## Contenido:

|  |    |
|--|----|
| 1. Información general .....   | 4  |
| Tema .....   | 4  |
| Actividad .....  | 4  |
| ANTECEDENTES.....  | 5  |
| PREPARACIÓN PREVIA .....   | 7  |
| 2. Introducción.....   | 8  |
| Descripción de la actividad .....  | 8  |
| 3. Lección .....   | 9  |
| Parte 1: Explicación del GNSS y sus usos (5 min).....                                | 9  |
| Parte 2: Explicación mediante experimento práctico de la trilateración (20 min)..... | 9  |
| Debate sobre los usos del GNSS (15 min).....   | 10 |
| Trabajar para Galileo (5 min) .....  | 11 |
| 4. Extensión .....   | 12 |
| 5. Anexo .....   | 13 |



<https://www.planetchange.eu>

# 1. Información general

**Objetivo:** El objetivo de la tarea es comprender el funcionamiento del GNSS (Sistema Mundial de Navegación por Satélite) y la importancia del GNSS en la vida cotidiana

**Grupo destinatario:** FP (técnica)

**Grupo destinatario, edad:** 12-20Y

**Nivel del Marco Europeo de Cualificaciones:** 2/3/4

**Duración:** 1x45min

**Ubicación:** Aula

**Materiales:** Ordenador con Internet

**Software:** Cualquier navegador normal, sin requisitos especiales.

**Antecedentes:** No es necesario tener conocimientos previos sobre el tema (basta con saber utilizar un navegador de Internet)

## Tema

### Tema

Logística: GNSS

### Palabras clave

Logística, GPS, Galileo, GNSS, cronometraje preciso

## Actividad

### Objetivos de aprendizaje

El alumno obtendrá mejores conocimientos y formación sobre:

- 1) Qué es el GNSS.



<https://www.planetchange.eu>

- 2) Cómo funcionan el GNSS y la trilateración.
- 3) Usos del GNSS fuera de la navegación.
- 4) Implicaciones de los errores en la señal de temporización.

## ANTECEDENTES

Existen varios Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite (GNSS) en órbita alrededor de la Tierra. Los más conocidos son el GPS (operado por Estados Unidos) y Galileo (operado por la UE). El uso más conocido es localizar su posición en el planeta. El posicionamiento GNSS funciona con principios bastante sencillos, pero la instalación y aplicación de un sistema de este tipo requiere una precisión increíble.

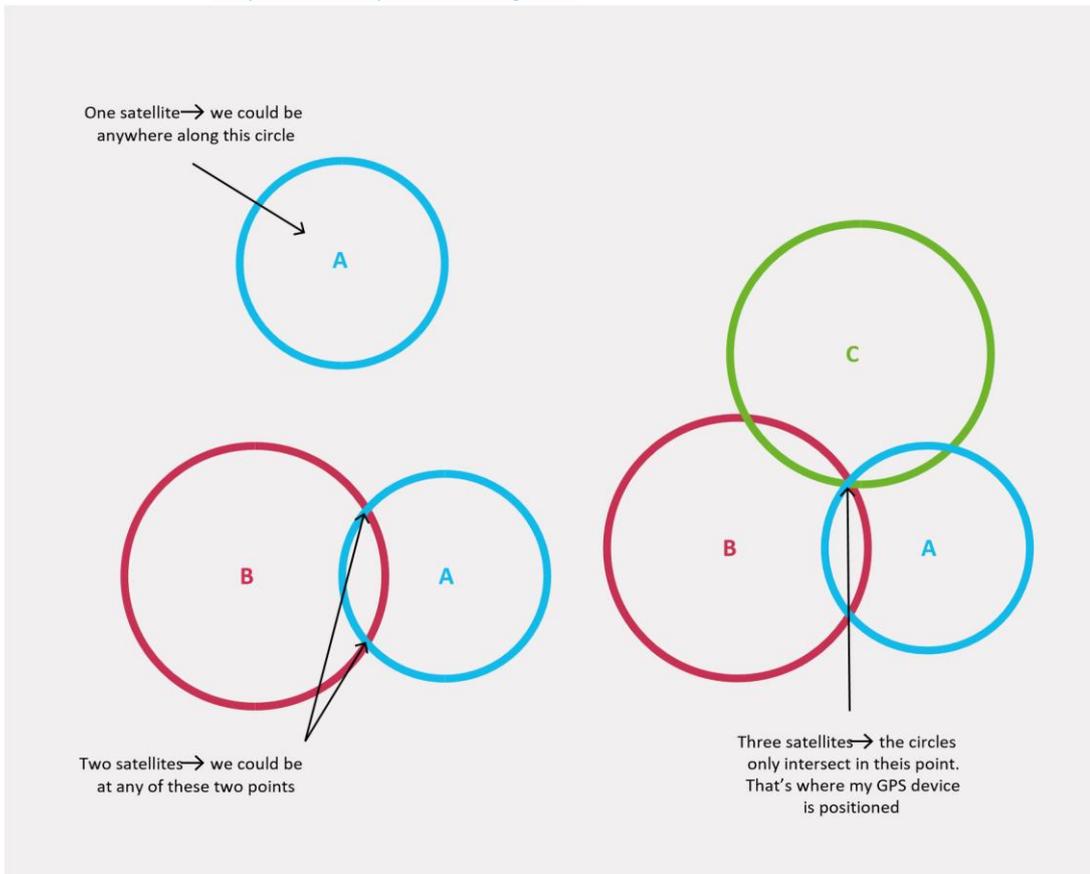
Dos ideas matemáticas principales sustentan la red de posicionamiento GNSS. La trilateración es el primer concepto y se basa en encontrar la posición de un dispositivo GNSS a partir de tres distancias. La segunda idea es la relación entre la velocidad de la señal (velocidad de la luz,  $c = 299\,792\,458$  m/s), el tiempo que tarda en viajar la señal y la distancia recorrida. Todo lo que se necesita para este segundo concepto es la ecuación:

$$\text{Distancia recorrida (m)} = \text{Velocidad (m/s)} \times \text{Tiempo (s)}$$

La trilateración consiste en encontrar tu posición en la Tierra una vez que se conoce la ubicación de los satélites GNSS que orbitan alrededor de la Tierra y la distancia a la que se encuentran de tu posición. Como no podemos medir físicamente la distancia de estos satélites de forma directa, necesitamos utilizar la velocidad conocida de la señal enviada por los satélites GNSS y la hora a la que se enviaron las señales. Esto es bastante fácil, porque los satélites envían señales constantemente. Como se trata de señales electromagnéticas, siempre viajarán con la velocidad de la luz ( $299\,792\,458$  m/s en el vacío). Por tanto, si conocemos el tiempo que ha tardado la señal en llegar hasta nosotros, sabremos la distancia al satélite. Supongamos que nuestro receptor GNSS detecta la señal de un solo satélite. Todo lo que podríamos saber entonces, es que podríamos estar en cualquier lugar de la superficie de una esfera. El radio de esa esfera es igual a la distancia calculada (diferencia de tiempo por la velocidad de la luz) desde el satélite. Si sólo recibiéramos señales de dos satélites (el satélite A y el B, por ejemplo), podríamos decir que estamos en algún lugar del círculo trazado por las intersecciones de las esferas descritas por las dos señales. [Si recibimos la señal de un tercer satélite, nos dará dos puntos en los que podríamos estar, pero como uno de ellos estará en la Tierra, será ahí donde nos encontremos (la Tierra es, de hecho, una cuarta esfera para distinguir los dos puntos). Podemos simplificar este concepto en 2D, utilizando círculos en lugar de esferas (esto es también lo que modelará la actividad).



<https://www.planetchange.eu>



En 3D dará 2 puntos donde podrías estar, pero como uno de ellos estará en la Tierra, es ahí donde te encuentras (la Tierra es de hecho una cuarta esfera para distinguir entre los 2 puntos).

Para más información sobre este concepto, puede consultar uno de los siguientes vídeos:

[Everyday Einstein: Demonstrating GPS Trilateration - YouTube](#)

[How GPS works? Trilateration explained - YouTube](#)

## La necesidad de medir el tiempo con precisión

Debido a que la velocidad de la luz (299 792 458 m/s) es tan alta, significa que un error de 1  $\mu$ s (una millonésima de segundo) en la señal del satélite o en el reloj de su receptor ya da una inexactitud de unos 300 metros. Por lo tanto,



<https://www.planetchange.eu>

el cronometraje de los satélites GNSS debe ser muy preciso y exacto. Los relojes atómicos que llevan los satélites GNSS consiguen esta asombrosa precisión.

Si utilizáramos relojes normales, nuestros cálculos de posicionamiento se desviarían mucho del objetivo. Por supuesto, los relojes de nuestros dispositivos móviles no son relojes atómicos, pero necesitan saber la hora con precisión. Por eso es necesario un cuarto satélite para obtener información precisa sobre la ubicación. Utilizando este cuarto satélite puedes eliminar el error provocado por la inexactitud horaria de tu dispositivo móvil.

## PREPARACIÓN PREVIA

### Para la demostración de la clase de trilateración

- 1) 3 cintas métricas de precisión milimétrica, de al menos 3 m, pero preferiblemente 5 m de longitud.
- 2) Disponer de un medio para registrar los resultados de los alumnos (pizarra, papel,)
- 3) Coloca 3 puntos en el suelo, de forma que no se muevan fácilmente. Pueden ser pequeños rotuladores de colores, como puntos adhesivos, o un papel pegado al suelo (no debe moverse) con un punto encima. Etiquete estos puntos como A, B y C. Si lo desea, puede saltarse esta parte y dejar que los alumnos elijan los lugares al principio de la actividad.
- 4) Coloca el papel con los puntos en el suelo, preferiblemente a una distancia considerable del centro de los tres puntos A, B y C, y fíjalo ahí, por ejemplo, con cinta adhesiva. Asegúrate de que no se mueva.
- 5) Si has decidido elegir un punto en el papel (llamémoslo punto P), entonces mide las distancias desde este punto P hasta los puntos A, B y C. Así tendrás una distancia A-P, B-P y C-P. Escribe estos números y a qué distancia corresponden (A-P, B-P y C-P). Anota estos números y a qué distancia corresponden (A-P, B-P y C-P). Si los alumnos tienen que elegir el punto, puedes saltarte este paso.

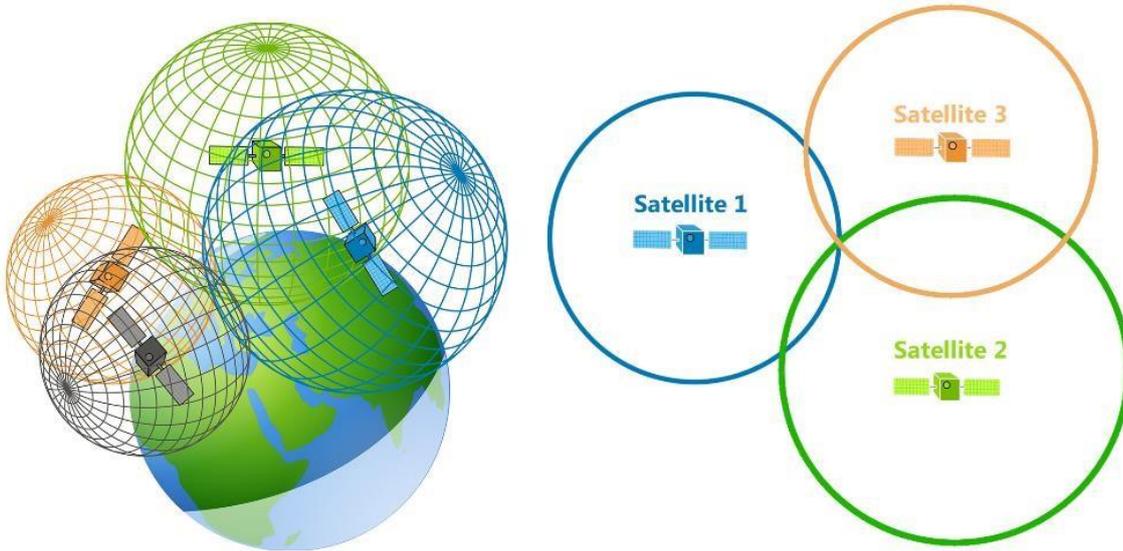
También puede ser útil haber visto uno o los dos vídeos sobre el funcionamiento del GPS (véase la información básica) antes de la lección y asegurarse de que se tiene acceso a YouTube.



<https://www.planetchange.eu>

## 2. Introducción

GNSS (Sistema(s) Global(es) de Navegación por Satélite) es un nombre colectivo para todos los sistemas que permiten determinar su posición en la Tierra mediante satélites. Los ejemplos más conocidos son el GPS de los estadounidenses y Galileo de los europeos. En esta actividad verás un vídeo que explica su funcionamiento. Después, simularás cómo un dispositivo GNSS encuentra su posición en la Tierra utilizando las señales de los satélites GNSS.



Podrá responder a preguntas sobre cómo funciona el GNSS y por qué la precisión de los relojes atómicos es importante en este proceso.

Por último, hablará de las demás funciones del GNSS fuera de la navegación

### Descripción de la actividad

Los alumnos simularán cómo funciona el GNSS a través de la trilateración.



<https://www.planetchange.eu>

## 3. Lección

### Parte 1: Explicación del GNSS y sus usos (5 min)

Pregunte a los alumnos si saben qué es el GNSS.

Explica el acrónimo (GNSS - Global Navigation Satellite System) y di que el GPS forma parte de él, pero también otros sistemas como el europeo Galileo. Proyecta el vídeo [What is Galileo? - YouTube](#)

### Parte 2: Explicación mediante experimento práctico de la trilateración (20 min)

Puede empezar con el siguiente vídeo:

[Everyday Einstein: Demonstrating GPS Trilateration - YouTube](#)

#### Demostración en clase de la trilateración:

- ▶ 3 cintas métricas de precisión milimétrica, de al menos 3 m, pero preferiblemente 5 m de longitud
  - ▶ Pequeños rotuladores de colores (puntos adhesivos)
  - ▶ Pizarra blanca y rotuladores (para anotar los resultados donde los alumnos puedan verlos)
1. Si los puntos A, B y C ya están colocados, puedes continuar con el paso 2. Si aún no se han indicado las posiciones de los "satélites" (se ha saltado el paso 3 de la preparación), pide a tres alumnos que se coloquen a una distancia de hasta cinco metros (preferiblemente lo más lejos posible) unos de otros formando un triángulo. Cada uno coloca un marcador (por ejemplo, un pequeño "punto" adhesivo en el suelo) en el lugar en el que se encuentra. Si es posible, márcalos con A, B y C.
  2. Si el papel con los puntos ya está colocado, vaya al paso 3. Si no, deja que los alumnos coloquen el papel con los puntos en el suelo, preferiblemente a una distancia considerable del centro de los tres puntos A, B y C, y fíjalo allí, por ejemplo, con cinta adhesiva.
  3. Si ya se han medido las distancias, vaya al paso 4. Si no, elige de tres a seis alumnos para que salgan de la zona. El resto de los alumnos eligen juntos un punto (llamémosle punto P) y da a tres alumnos una cinta métrica para que midan las distancias al milímetro más próximo desde ese punto hasta A, B y C, de modo que habrá tres distancias A-P, B-P y C-P. Anota estas distancias en algún lugar claramente visible.
  4. Llama a los alumnos que están más lejos y dales las cintas métricas, las cuerdas y las tijeras. Que corten cuerdas con una longitud igual a las distancias indicadas. Diles qué longitud corresponde a cada medida de distancia (A-P, B-P y C-P) y que averigüen qué punto se ha elegido.

Los pasos 3 y 4 pueden repetirse si se dispone de tiempo suficiente.



<https://www.planetchange.eu>

5. Cada satélite GNSS está equipado con un reloj atómico que mide el tiempo con gran precisión. Sin embargo, el receptor no contiene un reloj atómico, así que ¿cómo se pueden realizar mediciones precisas del "tiempo de viaje"? Respuesta: para tener una buena precisión de tiempo se utiliza un cuarto satélite, de forma que se pueden hacer cuatro cálculos de trilateración (uno con los satélites A,B y C, un segundo con los satélites A,B y D, un tercero con los satélites A,C y D y el cuarto con los satélites B,C y D). La hora exacta de llegada de las señales se ajusta para que los 4 experimentos de trilateración den la misma solución. De este modo, se sincroniza el reloj del receptor local con el sistema GNSS.
6. Si el tiempo lo permite, puede introducir algo de incertidumbre. Pida a los tres alumnos que sumen o resten 20 mm a la distancia original y que corten una cuerda con la nueva longitud. Con estas nuevas longitudes, deben intentar encontrar un nuevo punto en el que se encuentren todas las cuerdas, indicarlo en el papel y medir la distancia hasta el punto original. Pueden repetir esta operación utilizando otras cuerdas 20 mm más largas o más cortas para determinar el área de incertidumbre.
7. Discuta los riesgos de esta incertidumbre y, si el tiempo lo permite, también de dónde puede proceder.

## Debate sobre los usos del GNSS (15 min)

### a: Debate sobre los usos generales del GNSS (7-8 minutos)

Discute con la clase los usos del GNSS.

Las aplicaciones GNSS se dividen generalmente en 5 grandes categorías:

1. Localización - determinar una posición
2. Navegación: cómo llegar de un lugar a otro
3. Seguimiento: control del movimiento de objetos o personas
4. Cartografía: creación de mapas del mundo
5. Sincronización: aportando precisión al tiempo en el mundo

### b: Debate sobre los usos cronométricos del GNSS (7-8 minutos)

Siga debatiendo en el mismo grupo sobre la importancia de un cronometraje preciso, para qué se utilizará (5 minutos) y deje que un alumno de cada grupo presente el resultado de este debate (2 minutos).

Los usos son:

1. Operaciones bancarias (incluidos los cajeros automáticos)
2. Sincronización de la red eléctrica de tensión cambiante
3. Sistemas de comunicación
4. Cronometraje sincronizado de instrumentos científicos



<https://www.planetchange.eu>

5. Negocio cinematográfico (los estudios de Hollywood están incorporando GPS en sus pizarras de películas, lo que permite un control sin precedentes de los datos de audio y vídeo, así como la secuenciación multicámara).

### **Trabajar para Galileo (5 min)**

Proyete una película de una persona que trabaja para Galileo y que procede de una escuela de formación profesional.



<https://www.planetchange.eu>

## 4. Extensión

Esconde un "tesoro" en algún lugar del exterior y haz una búsqueda del tesoro dando distancias desde 3 (o más si añades algunos errores) puntos fijos.



<https://www.planetchange.eu>

## 5. Anexo

### Información general

El siguiente vídeo explica cómo funciona el GPS y cuáles son las fuentes de error más importantes:

- 1) [How does GPS system work? - YouTube](#) o
- 2) [How does GPS work? - YouTube](#)

Este vídeo puede verse antes, durante o después de la actividad de trilateración como fuente adicional de información sobre el GPS: <https://www.youtube.com/watch?v=loRQINFzT0k>

Una página web con todo tipo de aplicaciones del GNSS:

[GPS.gov: Applications](#)

### Información a los profesores

*Papel con puntos (añadir un enlace a esto)*

### Centros de FP

Todos los centros de FP pueden realizar esta actividad.

