



POSIBILIDADES EN LA MEJORA DEL POSICIONAMIENTO GNSS EN LOS EQUIPOS DE CAMPO

XI CLINIC NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DE ORIENTACIÓN 2020

Jose Amador Real López-Navarro
Ingeniero Técnico Topógrafo
Cartógrafo Nivel II FEDO

14-15 Noviembre de 2020



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN. SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO Y NAVEGACIÓN POR SATÉLITE.
2. RED DE ESTACIONES PERMANENTES GNSS.
3. MODO SBAS, POST-PROCESO (PPK) Y TIEMPO REAL (RTK).
4. CASO PRÁCTICO.

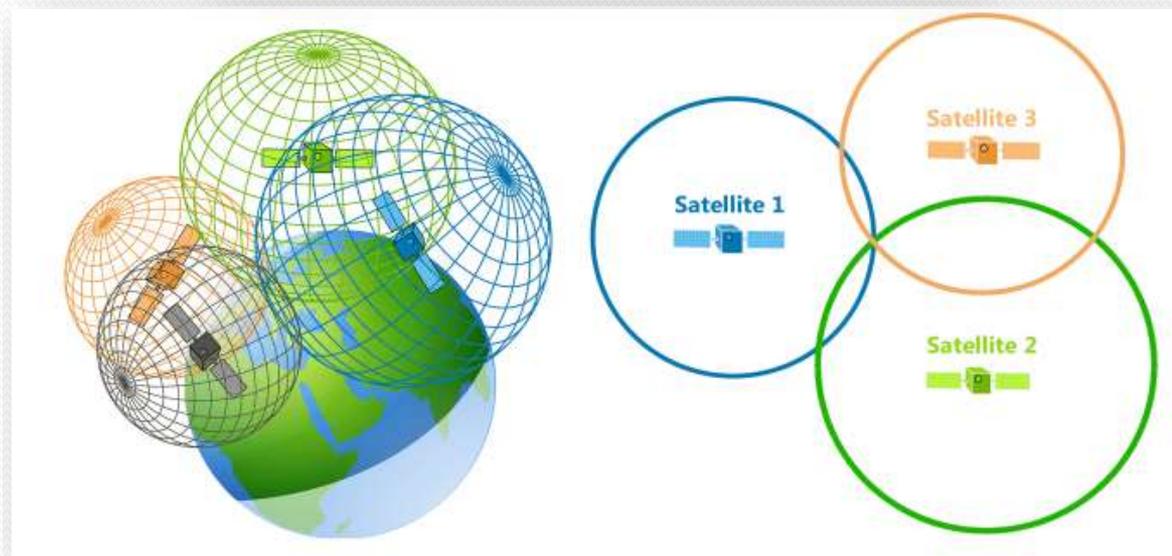
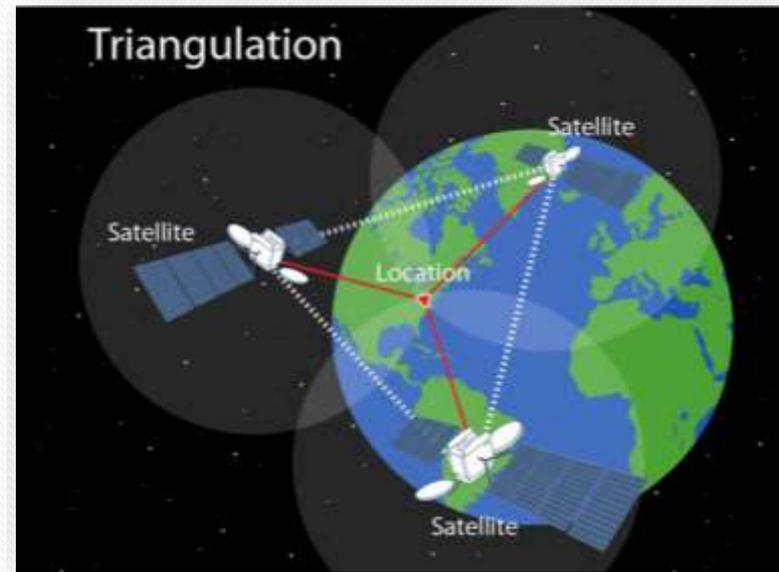


1. INTRODUCCIÓN: SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO Y NAVEGACIÓN POR SATÉLITE.



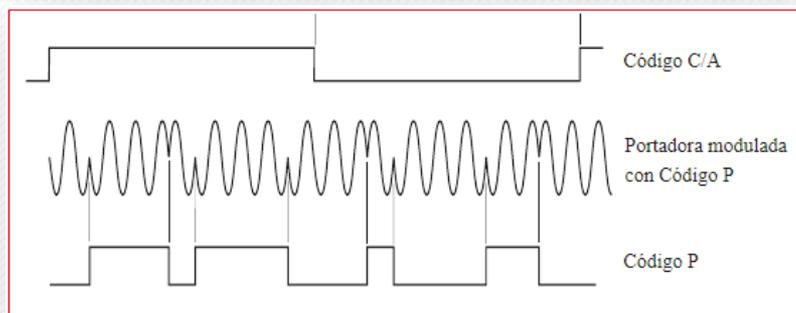
1.1. INTRODUCCIÓN (I).

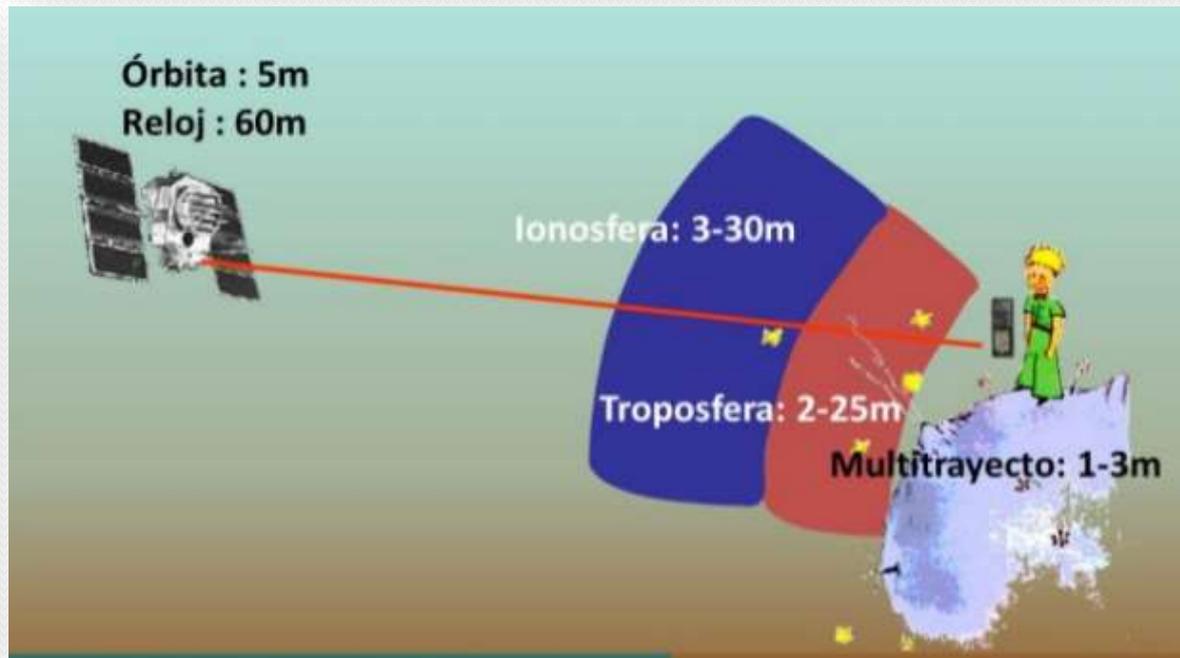
- El **Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS)** fue concebido para **determinar posiciones** en tierra, mar, aire o en el espacio, partiendo de las posiciones conocidas de una **constelación de satélites**.
- **Cada satélite emite una señal** que es continuamente registrada por un receptor en la superficie terrestre. De este modo, si el reloj de que disponen tanto el satélite como el receptor están sincronizados, se podrá calcular el tiempo de viaje de la señal, al saber en que momento se emite la señal en el satélite y en que momento se recibe en el receptor. ($D = v * t$)
- Multiplicando este tiempo por la velocidad de la luz hallaremos la **distancia entre cada satélite y receptor**. Cada distancia define una esfera con centro en el satélite, y la intersección de 3 esferas nos daría analíticamente la posición del punto a través de sus 3 coordenadas tridimensionales (X, Y, Z).
- No obstante, es muy difícil que los relojes u osciladores de los satélites y el receptor estén perfectamente sincronizados, ya que la precisión del reloj del receptor es menor que la del satélite. Para solucionar este problema necesitaremos medidas desde al menos **4 satélites**.



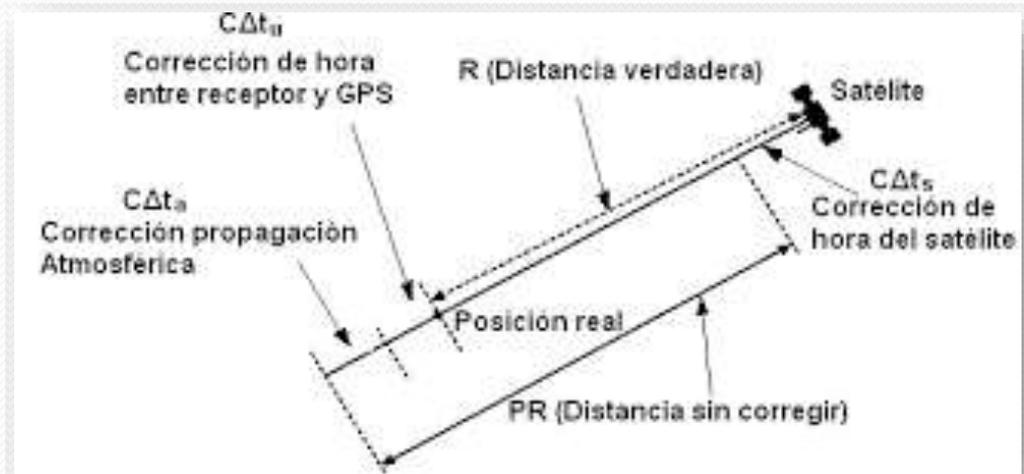
1.1. INTRODUCCIÓN (II).

- Los receptores GPS – GNSS trabajan como una **radio FM**, sintonizando la frecuencia adecuada para escucharse. La señal GPS consiste en ondas electromagnéticas pertenecientes a la **banda L (1000 – 2000 MHz)** del espectro.
- La señal GPS tiene un ancho de banda superior al necesario para poder asegurar las comunicaciones, y poder **combatir las interferencias entre el transmisor (satélite) y el receptor (usuario)**.





(Fuente: Natalia Garrido-Villén. Universidad Politécnica de Valencia).





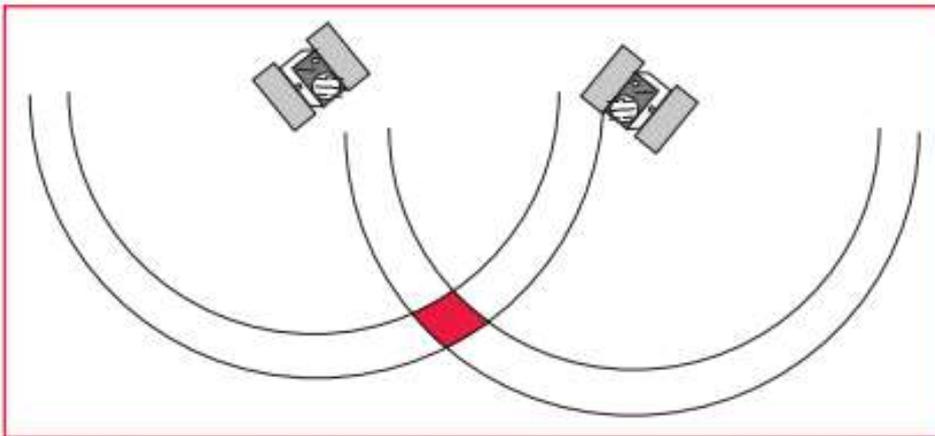
1.2. CONSTELACIONES SATÉLITES GNSS.

GNSS	Cobertura	1er lanzamiento	Estado	Nº satélites actuales	Nº satélites planificados	Control
NAVSTAR-GPS	Global	1974	Completada	31	24	Militar
GLONASS	Global	1982	Completada	24	24	Militar
BEIDOU	Global	2000	En proceso	35	43	Militar
QZSS	Japón, AUS y NZ	2006	En proceso	4	4	-
IRNSS	India	2013	En proceso	7	7	-
GALILEO	Global	2016	En proceso	22	30	Civil

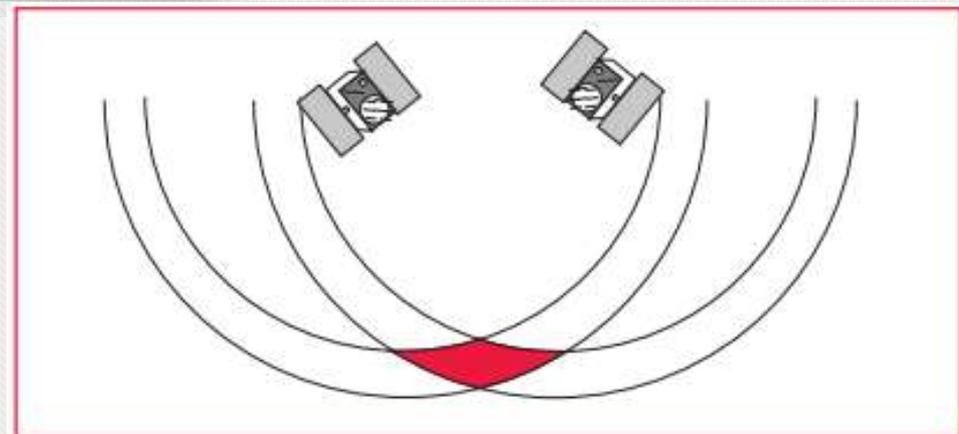


1.3. DILUCIÓN DE LA PRECISIÓN (DOP).

- La Dilución de la Precisión (**DOP**) es una medida de la fortaleza de la geometría de los satélites y está relacionada con la distancia entre los estos y su posición en el cielo. El DOP puede incrementar el efecto del error en la medición de distancia a los satélites.
- Cuando los **satélites están bien distribuidos**, la posición se puede determinar dentro del área sombreada del diagrama y el margen de error posible es mínimo.
- Cuando los **satélites están muy cerca** unos de otros, el área sombreada aumenta su tamaño, incrementando también la incertidumbre en la posición.
- Dependiendo de la dimensión se pueden calcular diferentes tipos de Dilución de la Precisión
 - **HDOP** – Dilución Horizontal de la Precisión. Proporciona la degradación de la exactitud en la dirección horizontal.
 - **PDOP** – Dilución de la Precisión en Posición. Proporciona la degradación de la exactitud en posición 3D.
 - **GDOP** – Dilución de la Precisión Geométrica. Proporciona la degradación de la exactitud en posición 3D y en tiempo.



Satélites con buena distribución - poca incertidumbre en su posición



Satélites con mala distribución - alta incertidumbre en su posición



1.4. CLASIFICACIÓN: TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN (I).

- **Según las observables registradas:**
 - **Pseudodistancias:** los observables registrados son las pseudodistancias a los distintos satélites. Los receptores miden el código C/A. Precisión métrica.
 - **Medida de fase:** además de registrar las pseudodistancias, se sigue la señal portadora (L1, L2 en el sistema GPS, L1 y L2 en GLONASS, B1 y B2 en Beidou, E1 y E5 en Galileo). Precisión submétrica y centimétrica.
- **Según el tipo de observación:**
 - **Absoluta.** Las coordenadas del punto son determinadas en un sistema de referencia “global”, y solo existe un receptor.
 - **Diferencial.** Se obtienen correcciones diferenciales a partir del estacionamiento de un receptor en un punto de coordenadas conocido y se transmiten a través de un sistema de comunicación (satélite, internet, radio modem,...) al receptor móvil que las aplica a los observables registrados.



1.4. CLASIFICACIÓN: TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN (II).

- **Dependiendo del movimiento de los receptores:**
 - **Estático.** El receptor o los receptores permanecen quietos durante un intervalo de tiempo sobre los puntos a observar.
 - **Cinemático.** El receptor o los receptores están en continuo movimiento.
- **Dependiendo del momento en el que se efectúa el cálculo:**
 - **Postproceso.** La obtención de las coordenadas de los receptores y las líneas base (distancia entre receptores) se efectúa tras la observación, en oficina.
 - **Tiempo real (RTK).** La obtención de las coordenadas y/o líneas base se efectúa en el mismo momento en que se está realizando la observación o levantamiento de puntos, de forma que el tiempo de cálculo es casi instantáneo o en tiempo real.



Precisiones que pueden obtenerse según el método empleado en un levantamiento en campo.

(Fuente: Mooc Universidad Politécnica de Valencia).

MÉTODO	APLICACIÓN	OBSERVABLE	PRECISIÓN
ABSOLUTO	Navegación en tiempo real. Seguimiento de flotas.	Pseudodistancia Código C/A	5 m
		Pseudodistancia Código P	5 m
	Levantamientos escalas pequeñas < 100 000 Inventarios	Pseudodistancia Código C/A	5 m
		Pseudodistancia Código P	1 m
DIFERENCIAL	Navegación en tiempo real. Actualización cartográfica. Seguimiento de sensores y flotas.	Pseudodistancia Código C/A	1-6 m
		Pseudodistancia Código P	< 1 m
	Levantamientos escalas medias < 10 000. Inventarios	Pseudodistancia Código C/A	< 1 m
		Pseudodistancia Código P	< 0.5 m
DIFERENCIAL POSTPROCESO	Levantamientos Cinemáticos Batimetrías	Medida Fase	1-10 cm
	Levantamientos Precisión. Redes Geodésicas. Puntos Apoyo Bases Replanteo.		5 mm + 1 ppm
DIFERENCIAL TIEMPO REAL	Levantamientos Cinemáticos RTK/VRS/MAC Navegación de precisión. Replanteos.		1-10 cm
	Levantamientos Estáticos RTK		10 mm + 3 ppm



- Te recomiendo:
 - Clinic Cartografía FEDO 2017 ponencia 5 de Miguel Cabeza García.
<https://www.fedo.org/web/cartografia/clinic/3288-ponencias-x-clinic-2017>
 - MOOC Universidad Politécnica Valencia “Dispositivos móviles en ingeniería y gestión del territorio”.
https://www.youtube.com/playlist?list=PL6kQim6ljTjtB_Xy5uWzPpuZDYVceZ-XC

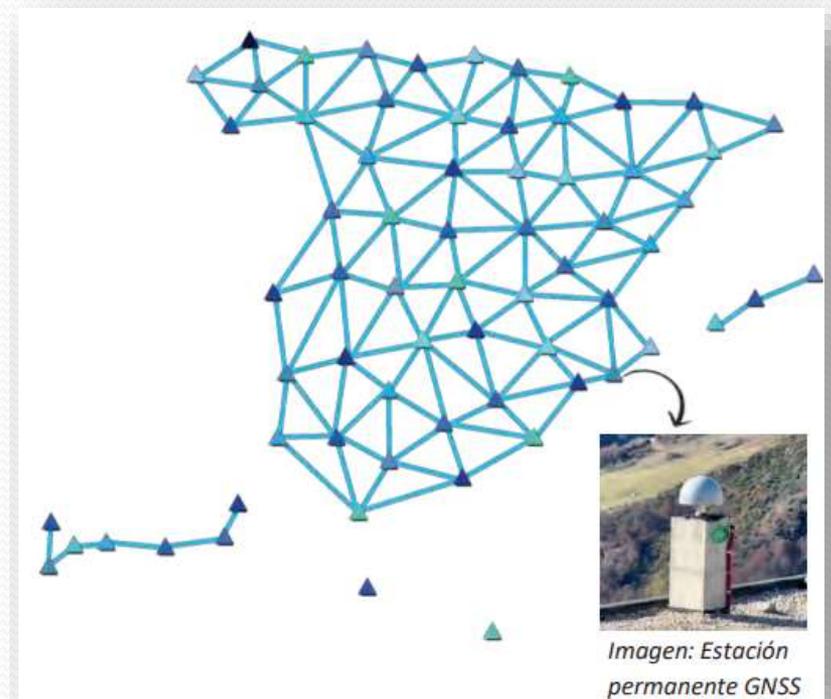


2. RED DE ESTACIONES PERMANENTES GNSS.



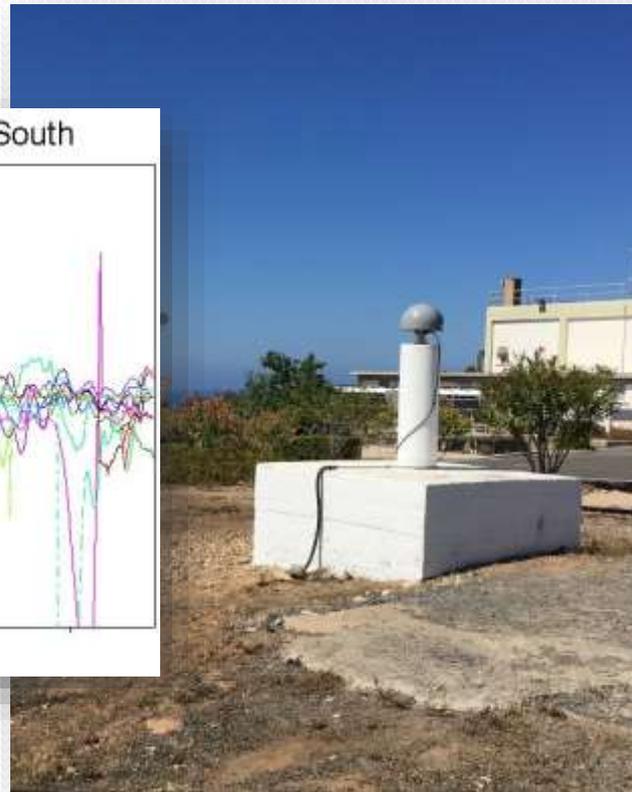
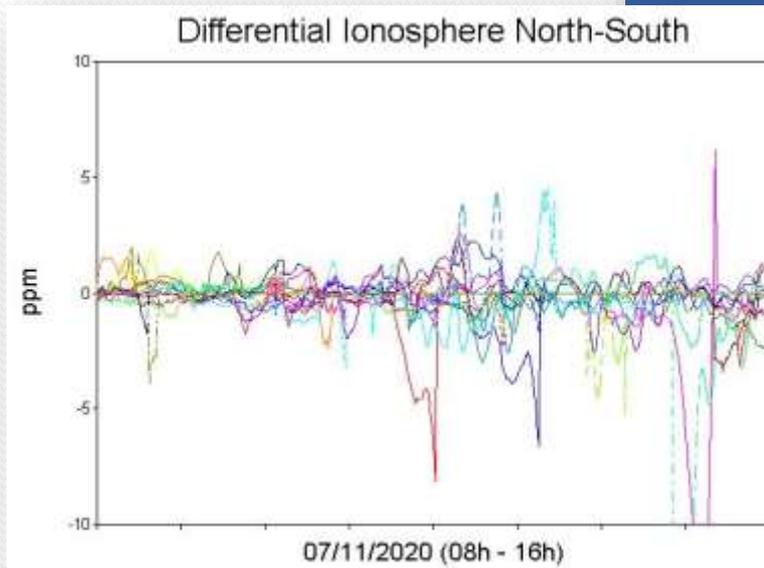
2.1. Definición.

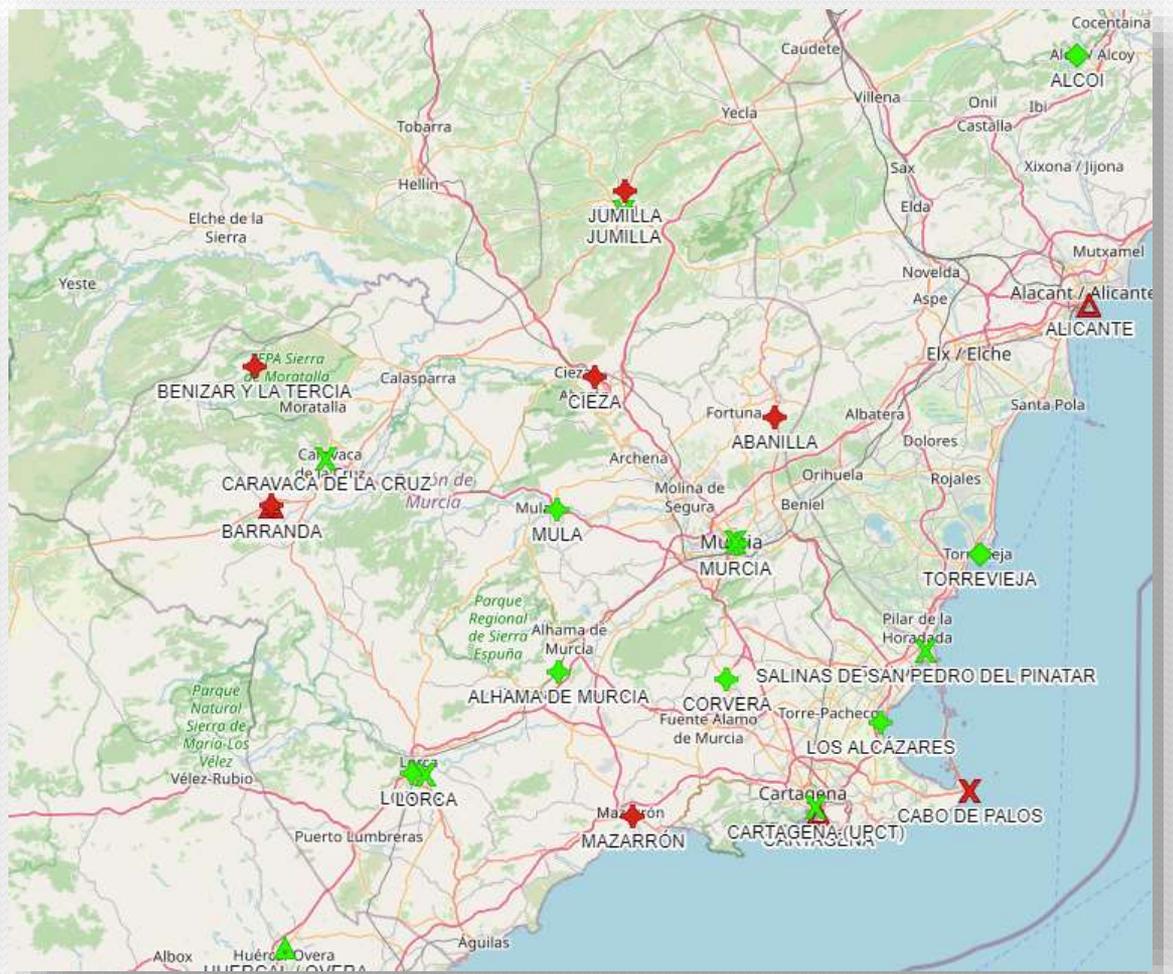
- Una **red de estaciones permanentes** de un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) es un conjunto de antenas distribuidas de forma homogénea a lo largo de un determinado territorio (continente, país, comunidad autónoma,...). Estas antenas son fijas y emiten y reciben señales (de satélites) utilizadas para el posicionamiento en tierra, mar o aire.
- En España existen diversas redes: nacional (SPTR del IGN), CCAA (REGAM, RAP,...), algunas marcas comerciales (TRIMBLE, LEICA,...), etc. Más de **200 estaciones permanentes**.
- La red es capaz de proporcionar al usuario las correcciones calculadas en cada estación para trabajar en **post-proceso** o en **tiempo real (RTK)** (estación única o solución de red (VRS, iMAX,...)).





- Cada estación fija de la red es capaz de corregir los datos brutos que recibe desde los satélites que se ven afectados a su paso por la **ionosfera** y **troposfera**, teniendo en cuenta en los cálculos además las **efemérides** y el **estado del reloj** de cada uno de ellos.





AIRM Emitiendo

GPS: 7	GLONASS: 6
GALILEO: 0	BEIDOU: 0

13 satélites rastreados

Corvera, Región de Murcia

Red de Geodesia Activa de la Región de Murcia

Consejería de Fomento e Infraestructuras

[Descargar RINEX](#)

2020-11-08 16:50



2.2. Algunos enlaces.

- Página de inicio del IGN-Geodesia:

<https://www.ign.es/web/ign/portal/gds-area-geodesia>

- Visor estaciones GNSS del IGN:

<http://www.ign.es/web/resources/geodesia/visorGeodesia/index.html>

- Listado de estaciones GNSS del IGN:

<https://www.ign.es/web/ign/portal/gds-gnss-estaciones-permanentes>

- Sistema Geodésico de Referencia de la Región de Murcia (REGAM y MERISTEMUM):

<https://sitmurcia.carm.es/web/sitmurcia/sistema-geodesico-de-referencia>

- Red Geodésica de estaciones de Referencia de la CV.

<http://www.icv.gva.es/es/web/icv-erva>

- Portal Geodésico de Andalucía.

<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/rap/>

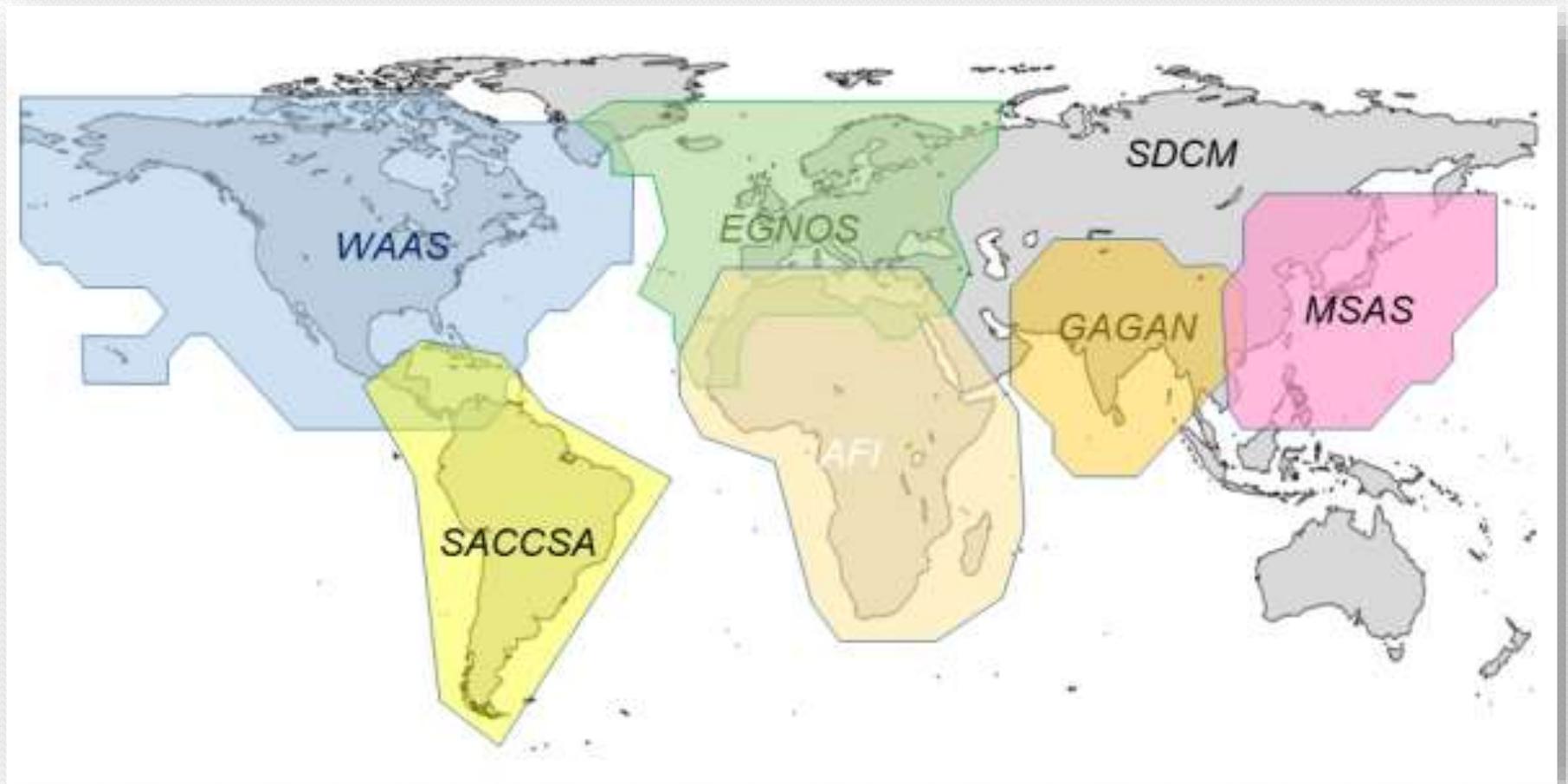


3. MODOS SBAS, POST-PROCESO Y TIEMPO REAL (RTK).



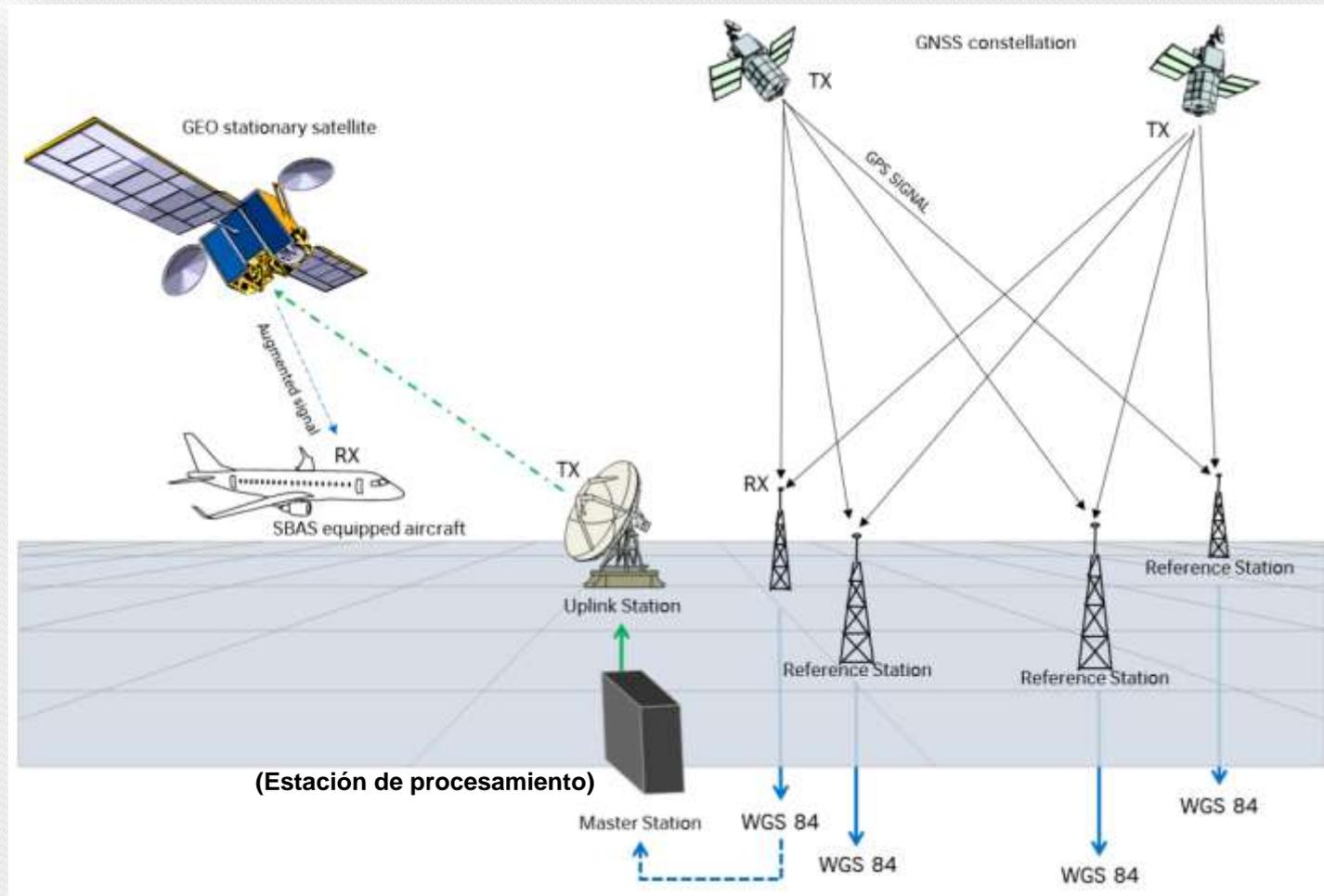
3.1. SBAS.

- **SBAS** (Sistema de Aumentación Basado en Satélites) es un sistema de corrección de las señales que los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS) transmiten al receptor que porta el usuario.
- Los sistemas SBAS mejoran el posicionamiento horizontal y vertical del receptor. La **precisión** en la posición puede llegar a **1-2 metros**.
- Actualmente están desarrollados o en fase de implementación los siguientes sistemas SBAS:
 - **WAAS** (*Wide Area Augmentation System*), gestionado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.
 - **EGNOS** (*European Geostationary Navigation Overlay Service*), administrado por la Agencia Espacial Europea. <https://www.gsa.europa.eu/>
 - **WAGE** (*Wide Area GPS Enhancement*), que transmite más precisión en los datos de efemérides y reloj de los satélites destinado a uso militar.
 - **MSAS** (*Multi-Functional Satellite Augmentation System*), operado por Japón.
 - **GAGAN** (*GPS and GEO Augmented Navigation*), planeado por la India.





Esquema funcionamiento SBAS





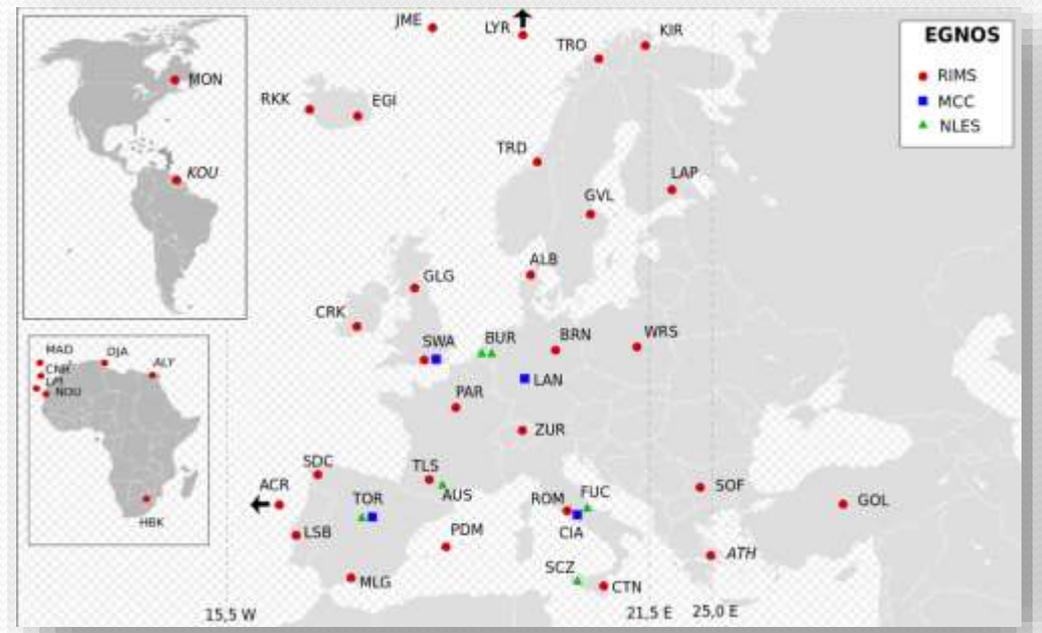
3.1.1. EGNOS.

- Página principal del proyecto EGNOS.

<https://www.gsa.europa.eu/>

- Ejemplos de configuración de varios dispositivos GNSS y EGNOS.

https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/sites/default/files/EGNOS%20receivers%20for%20Mapping%20and%20Surveying%20-%20final.pdf





- Bad Elf GNSS Surveyor.
- Dispositivo monofrecuencia GPS L1, GLONASS G1 y QZSS L1.
- Precisión máxima 1 m.
- WAAS, EGNOS, MSAS.
- Puede recibir correcciones diferenciales en formato RTCM 2.3.
- Permite postproceso de los datos obtenidos.

Precio 599 \$.

Características técnicas: <https://bad-elf.com/pages/be-gps-3300-detail>

- Arrow Lite.
- Dispositivo monofrecuencia GPS L1.
- Precisión máxima 0,60 m.
- WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN.
- Puede recibir correcciones diferenciales en formato RTCM.
- Permite postproceso de los datos RINEX grabados.

Precio ¿? €.



Características técnicas: <https://eos-gnss.com/es/gps-submetrico-arrow-lite#1457018298986-9499b6ef-1d93>



Trimble R1.

Dispositivo
monofrecuencia GPS
L1 y GLONASS L1.
Precisión máxima
0,50 m.

<https://geospatial.trimble.com/sites/geospatial.trimble.com/files/2020-08/Datasheet%20-%20Trimble%20R1%20GNSS%20receiver%20-%20Spanish%20%28Lat%20Amer%29-%20Screen.pdf>



Pros y contras.

- **Pros:**

- Precisión métrica ó submétrica.
- Posibilidad de realizar el post-proceso de los datos grabados con algunos dispositivos en distintas ocasiones usando diferentes configuraciones.
- Posibilidad de usar software libre de procesamiento de datos (**RTKLib**).
- Posibilidad con algunos dispositivos de editar nuestro mapa en el bosque con datos de posición precisa.
- Dispositivos no excesivamente caros.

- **Contras:**

- Algunos dispositivos no permiten post-proceso.
- Algunos dispositivos no permiten compartir la posición en tiempo real en nuestro móvil/Tablet.

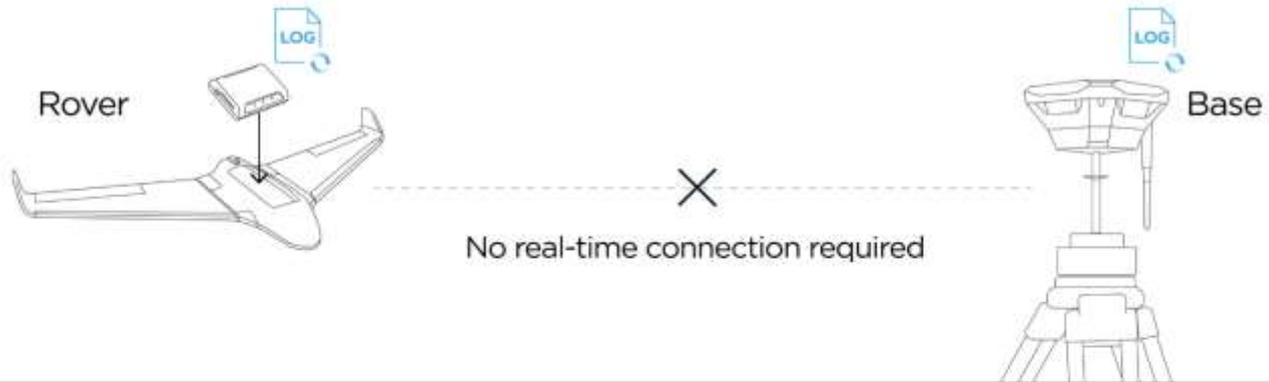


3.2. POST-PROCESO CINEMÁTICO (PPK).

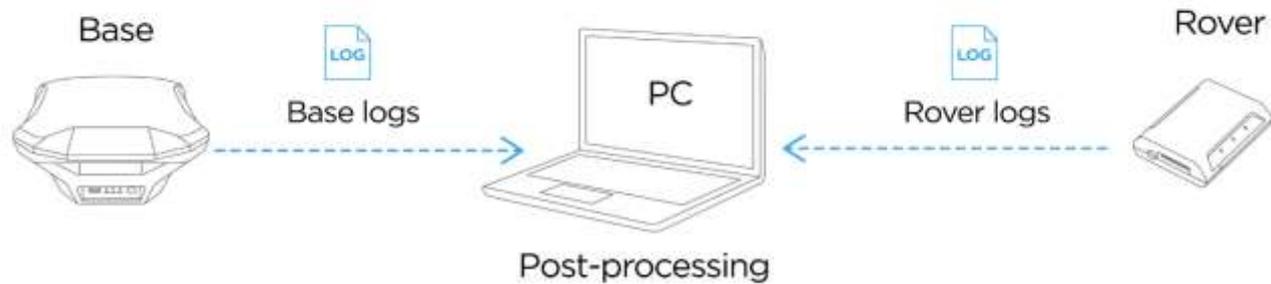
- **Post-proceso cinemático (PPK)** es el proceso de calcular las posiciones de los datos empleando datos previamente colectados por un receptor/es en campo.
- Para ello serán necesarios los datos registrados por el **receptor móvil (rover)** y, los datos registrados por el **receptor fijo (base)** bien sea una segunda antena nuestra u una antena de la red de estaciones permanentes con servicio de descarga de datos RINEX, RAW, JOB,...
- No es necesaria la conexión entre la **base** y el **rover** en tiempo real.
- Es una alternativa a la técnica **tiempo real cinemático (RTK)**.
- La posición con precisión no se consigue en tiempo real si no en oficina tras aplicar a los datos ciertos algoritmos usando software específico de post-procesado.
- **Software libre** de post-proceso de datos <http://www.rtklib.com>
En la web existen manuales, video tutoriales y datos de ejemplo para realizar tu mismo el post-proceso de esos datos.



① In the field

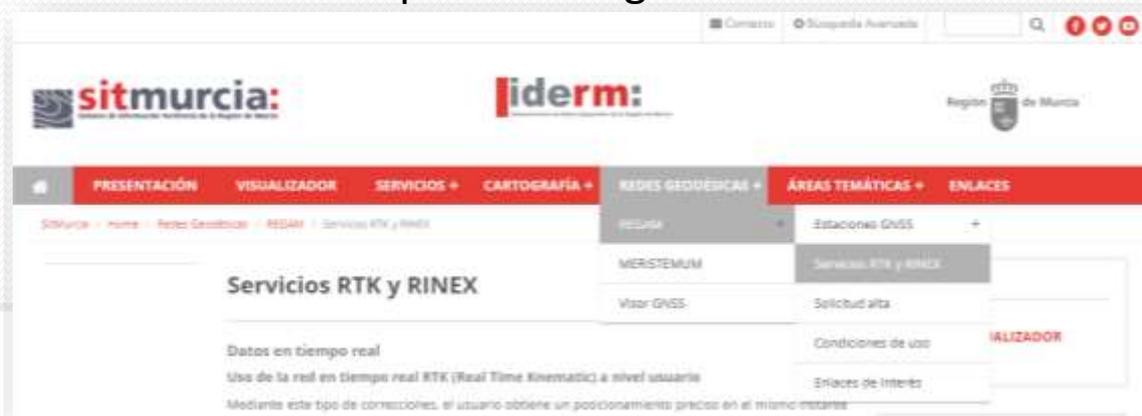


② In the office



Ejemplo:

- Búsqueda y descarga de datos RINEX web **SITMUR** (Sistema de Información Territorial de la Región de Murcia) <https://sitmurcia.carm.es/web/sitmurcia/servicios-redes> ó Consejería de Agricultura y Agua – **MERISTEMUM** <http://gps.medioambiente.carm.es/>
- Los datos se encuentran alojados en servidores ftp de descarga.



Datos para postproceso

Uso de datos de postproceso a nivel usuario

Los ficheros de datos para postproceso se encuentran disponibles en formato RINEX 2.0 a través de un servicio de descarga a través de un servidor ftp. Los archivos se encuentran distribuidos según la frecuencia de observación y por fechas, con todos los observables seguidos.

Se ofrecen los siguientes productos para descarga de ficheros RINEX para el cálculo en postproceso:

- Rinex a 1 segundo
- Rinex a 30 segundos

← → ↻ 🏠 No es seguro | ftp://meristemum.carm.es

Firefox Google Gmail Tradu Map

Índice de /GPS/

[directorio principal]

Nombre	Tamaño	Fecha de modificación
Trimble/		27/1/15 1:00:00
cabo_20110908.log	5.4 kB	8/9/11 2:00:00
crtg_20110908.log	5.4 kB	8/9/11 2:00:00
crvc_20110908.log	5.4 kB	8/9/11 2:00:00
jumi_20110908.log	5.4 kB	8/9/11 2:00:00
lorc_20110908.log	5.4 kB	8/9/11 2:00:00
murc_20110908.log	5.4 kB	8/9/11 2:00:00
rinex_01s/		1/1/20 1:00:00
rinex_30s/		1/1/20 1:00:00
sali_20110908.log	5.4 kB	8/9/11 2:00:00
tropo/		1/1/20 1:00:00
vrs/		10/4/20 2:00:00

← → ↻ 🏠 No es seguro | ftp://meristemum.carm.es

Firefox Google Gmail Tradu Map

Índice de /GPS/rinex_30s/

[directorio principal]

Nombre	Tamaño	Fecha de modificación
RefData.18/		11/4/19 2:00:00
RefData.19/		10/4/20 2:00:00
RefData.20/		9/11/20 2:40:00

← → ↻ 🏠 No es seguro | ftp://meristemum.carm.es/GPS/rinex_30s/

Firefox Google Gmail Tradu Map Face Tw

Índice de /GPS/rinex_30s/RefData

[directorio principal]

Nombre	Tamaño	Fecha de modificación
Month.Apr/		8/8/20 3:41:00
Month.Aug/		13/11/20 2:40:00
Month.Feb/		8/6/20 3:41:00
Month.Jan/		10/5/20 2:00:00
Month.Jul/		8/11/20 2:42:00
Month.Jun/		8/10/20 3:40:00
Month.Mar/		9/7/20 3:40:00
Month.May/		8/9/20 3:42:00
Month.Nov/		13/11/20 1:59:00
Month.Oct/		31/10/20 1:59:00
Month.Sep/		30/9/20 2:59:00
RefData.20.zip	1.6 GB	24/9/20 16:50:00

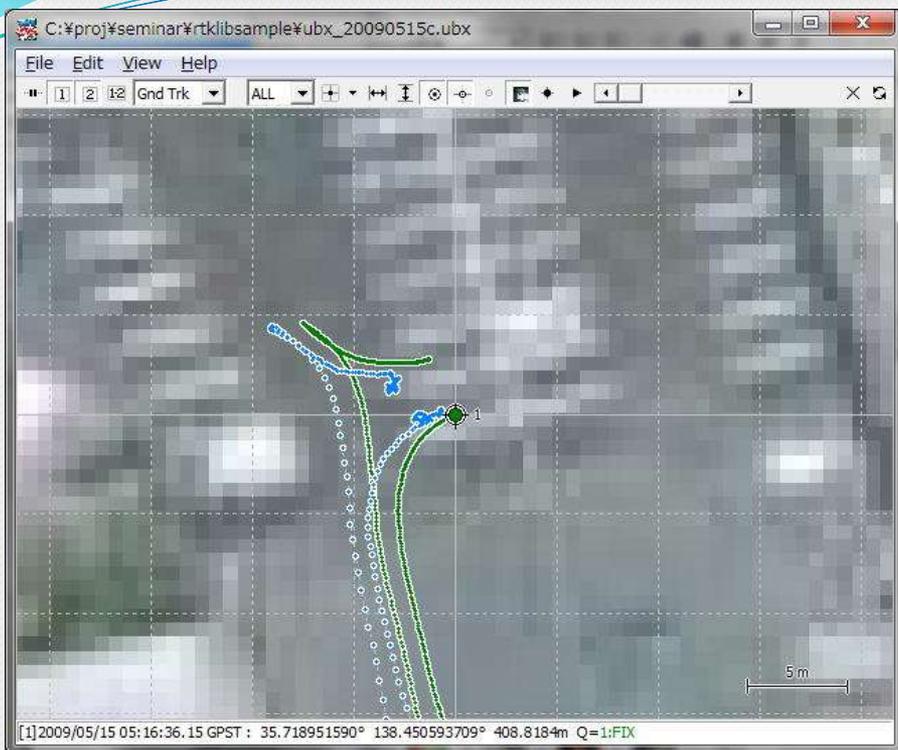
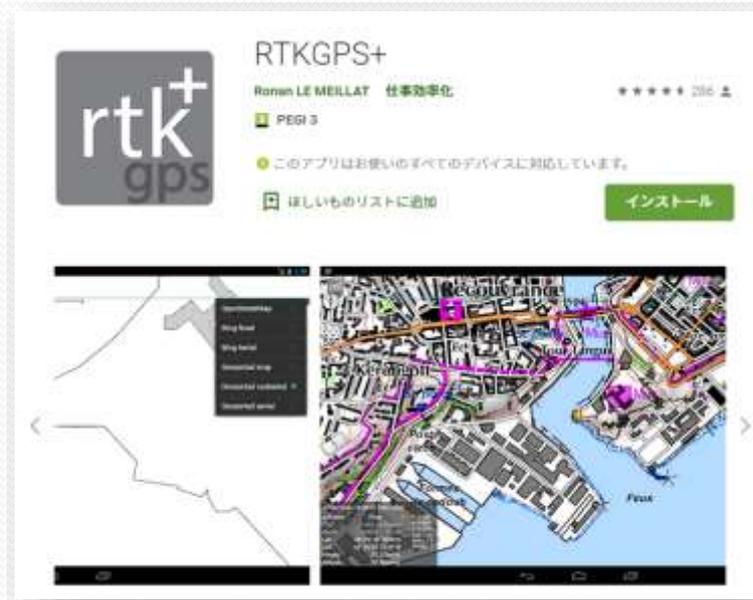
← → ↻ 🏠 No es seguro | ftp://meristemum.carm.es/GPS/rinex_30s/RefData.20/

Firefox Google Gmail Tradu Map

Índice de /GPS/rinex_30s/RefData.20/

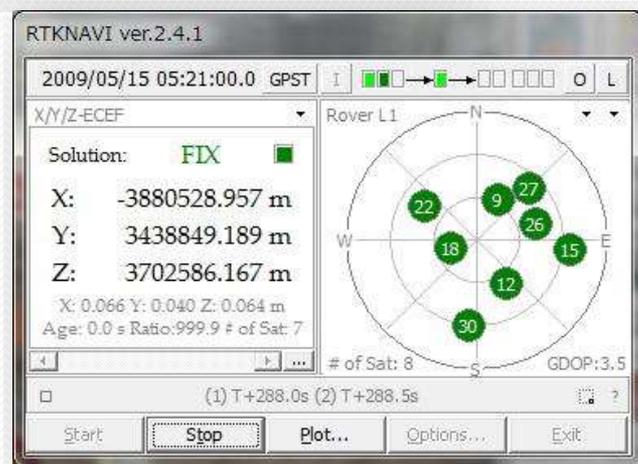
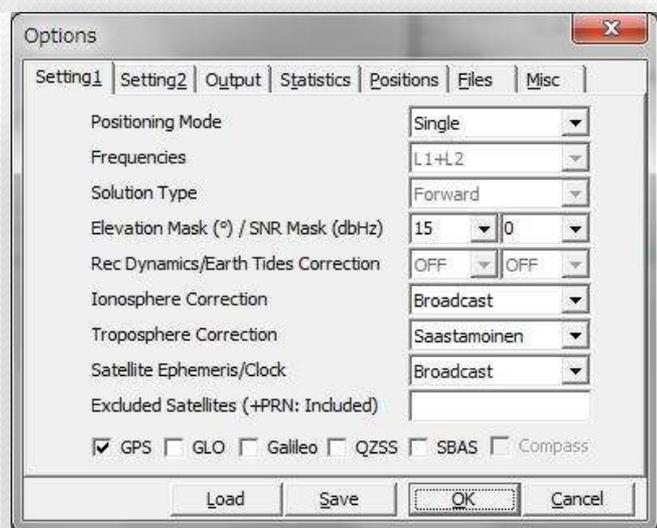
[directorio principal]

Nombre	Tamaño	Fecha de modificación
Day.01/		2/11/20 2:01:00
Day.02/		3/11/20 2:01:00
Day.03/		4/11/20 2:01:00
Day.04/		5/11/20 2:01:00
Day.05/		6/11/20 2:01:00
Day.06/		7/11/20 2:01:00
Day.07/		8/11/20 2:01:00
Day.08/		9/11/20 2:01:00
Day.09/		10/11/20 2:01:00
Day.10/		11/11/20 2:01:00
Day.11/		12/11/20 2:01:00
Day.12/		13/11/20 2:01:00
Day.13/		13/11/20 2:00:00

'RTKLIB' software libre de postproceso de datos GNSS (manuales, tutoriales,...)

<http://www.rtklib.com>



- [EMLID Reach RS+](#)
- Dispositivo monofrecuencia GPS/QZSS L1, GLONASS G1, BeiDou B1, Galileo E1, SBAS.
- Precisión submétrica y centimétrica.
- Puede recibir correcciones diferenciales en formato RTCM 2 y 3.
- Permite postproceso de los datos obtenidos. También RTK.
 - Precio 749 € (sin IVA).

<https://atyges.es/tienda/wp-content/uploads/2020/01/Datasheet-RS.pdf>

- [EMLID Reach RS+ mapping kit.](#)
- Dispositivo monofrecuencia GPS/QZSS L1, GLONASS G1, BeiDou B1, Galileo E1, SBAS.
- Precisión submétrica y centimétrica.
- Puede recibir correcciones diferenciales en formato RTCM 2 y 3.
- Permite postproceso de los datos obtenidos. También RTK.
 - Precio 1.083 € (sin IVA).

<https://store.emlid.com/product/reach-mapping-kit/>





Pros y contras.

- **Pros:**

- Precisión submétrica y centimétrica.
- Posibilidad de realizar el post-proceso de los datos en distintas ocasiones usando diferentes configuraciones.
- Posibilidad de usar software libre para procesar los datos (**RTKLib**).
- Dispositivos no excesivamente caros.

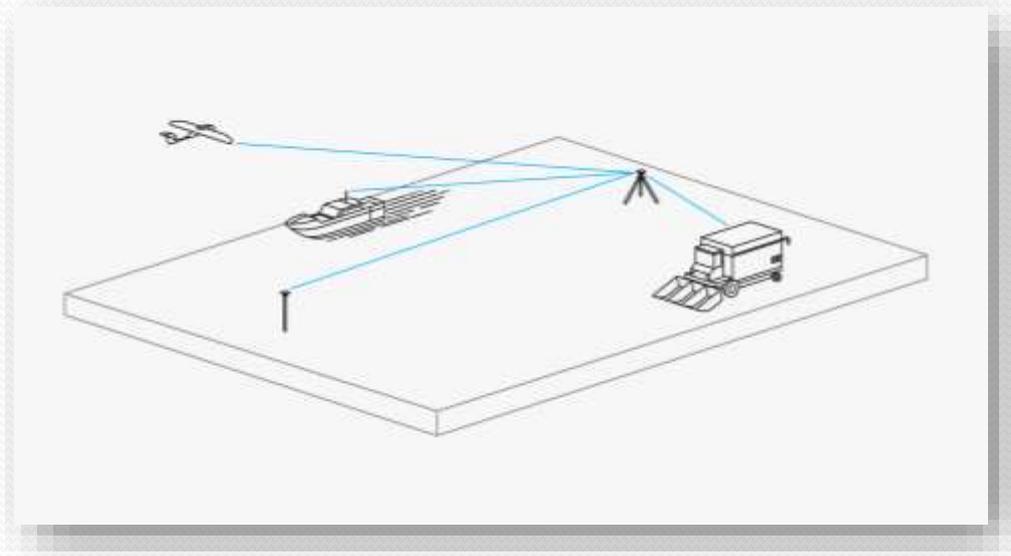
- **Contras:**

- No es posible trabajar en tiempo real dibujando y editando nuestro mapa en el bosque.
- Tiempo invertido en el post-proceso (búsqueda de datos RINEX, volcado de datos, procesado,...).
- Necesidad de tener una estación o antena base a menos de 20 km*.



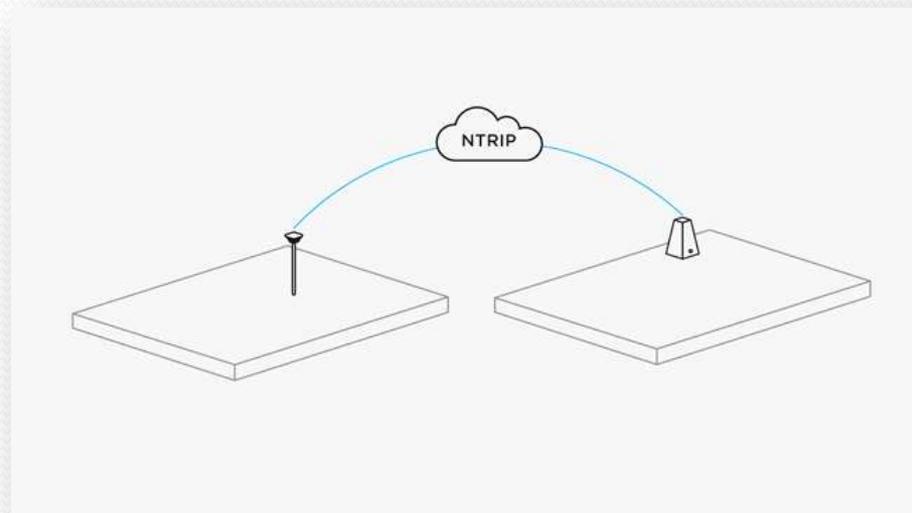
3.3. TIEMPO REAL CINEMÁTICO (RTK).

- La técnica observación en **tiempo real cinemático (RTK)** consiste en el levantamiento de puntos mediante dispositivos móviles GNSS (*rover*) y **corrección** de esos datos in situ y a través de otro dispositivo GNSS fijo (*base*) o **estación o red de estaciones permanentes**.
- La *base* se estaciona de forma fija en un lugar desde el cual envía las **correcciones** al dispositivo móvil mediante radio o internet. El formato más común es **RTCM**.





- No siempre es necesario un segundo dispositivo. Basta con acceder a los servicios **NTRIP** (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*) que proporcionan algunos gobiernos nacionales, regionales y otros organismos.
- El acceso a los datos en tiempo real se realiza a través del **Caster NTRIP**, un protocolo estándar diseñado para difundir en tiempo real los datos procedentes de receptores GNSS en Internet.
- Para poder usar las correcciones suministradas por esta red es **necesario que el software del receptor GNSS disponga de un cliente NTRIP**.





Ejemplo:

- Registro servicio de acceso a correcciones en las observaciones GNSS vía NTRIP:
 - A. **SITMURCIA** <https://sitmurcia.carm.es/servicios-redes>
 - B. **MERISTEMUM** <http://gps.medioambiente.carm.es/>

sitmurcia: Instituto de Información Geográfica de la Región de Murcia

iderm: Instituto de Información Geográfica de la Región de Murcia

Región de Murcia

PRESENTACIÓN VISUALIZADOR **SERVICIOS +** CARTOGRAFÍA + REDES GEODESIICAS + ÁREAS TEMÁTICAS + ENLACES

SitMurcia Home Redes Geodésicas REGAM Servicios RTK y RINEX

Servicios RTK y RINEX

Datos en tiempo real

Uso de la red en tiempo real RTK (Real Time Kinematic) a nivel usuario

Mediante este tipo de correcciones, el usuario obtiene un posicionamiento preciso en el mismo instante

REGLAM Estaciones GNSS

MERISTEMUM Servicios RTK y RINEX

Visor GNSS Solicitudes Condiciones de uso Enlaces de interés

REALIZADOR

(A)

Los datos necesarios para acceder a los productos en tiempo real son:

- IP: 147.84.177.82
- Puerto: 2101
- Usuario
- Contraseña



Es necesario registrarse, solicitando el usuario y contraseña, para acceder a los servicios de la red.

[Home](#)

[Map](#)

[RINEX Shop](#)

[Rinex Data \(FTP Server\)](#)

[Reports and Statistics](#)

[Almanac](#)

[I95 Index](#)

[Satellite Tracking](#)

[Reporting](#)

[Network Information](#)

[How to work in Real-Time](#)

[How to work in Post-Process](#)

[Network Description](#)

[Network Accuracy and Parameters](#)

[Contact](#)

Aplicaciones en tiempo real

Este servicio consiste en el envío de correcciones diferenciales de dos formas posibles:

A) envío de cada una de las estaciones de referencia de la red GNSS de Murcia (Dirección General de Medio Ambiente).

B) envío de correcciones de red con tecnología VRS, compatible con la mayoría de fabricantes de receptores GPS.

El servicio de tiempo real ofrece varias opciones:

- Correcciones de cada estación de referencia a través de Internet mediante el protocolo NTRIP.
- Solución de red a través de Internet mediante el protocolo NTRIP.

(B)

Conexión a la red GPS a través de Internet

Solución de estaciones simples:

El formato que se retransmite es el RTCM 2.3

Solución de red (VRS):

Los formatos que se retransmiten son:

- CMR+ (para equipos Trimble)
- RTCM 3.0 (estándar)
- RTCM 2.3 (estándar)

DATOS DE CONEXIÓN:

Conexión necesaria en campo: GPRS/UMTS/EDGE
URL: gps.medioambiente.carm.es (IP: 147.84.216.57)
Puerto: 2101
Protocolo: NTRIP
Autenticación: Acceso libre

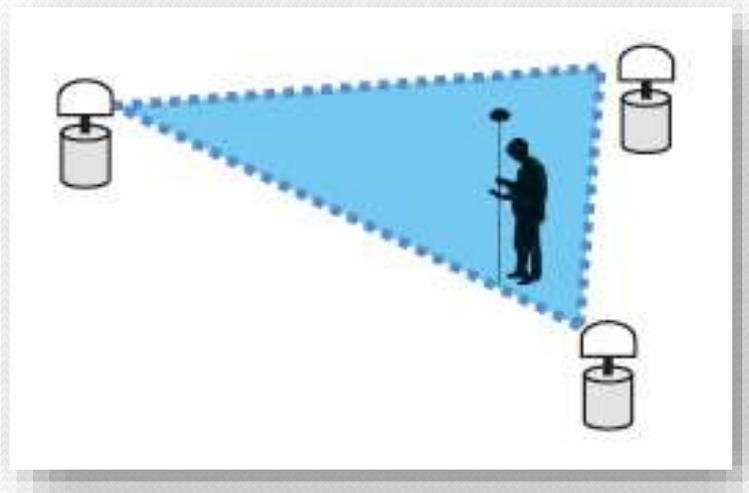


Aplicaciones:	Topográficas, Geodésicas y Cartográficas en tiempo real. Los formatos RTCM 3.0 y RTCM 2.3 incluyen los mensajes para soluciones de fase (RTK) y soluciones de código (DGPS), por tanto podemos hacer uso de este servicio con equipos de ambas características.
Precisión obtenida:	La precisión es la mayor posible con los instrumentos utilizados y siguiendo las recomendaciones del fabricante. Precisión con equipos doble frecuencia con seguimiento de fase (Geodésicos y Topográficos): Centimétricas (1-2 cm.) en cualquier punto del interior de la red y en un contorno aproximado de un 10-15 Km. alrededor de la red. Precisión con equipos monofrecuencia de código (Mapping y equipos de navegación): Submétricas (+/- 1 m. dependiendo de la calidad del receptor).



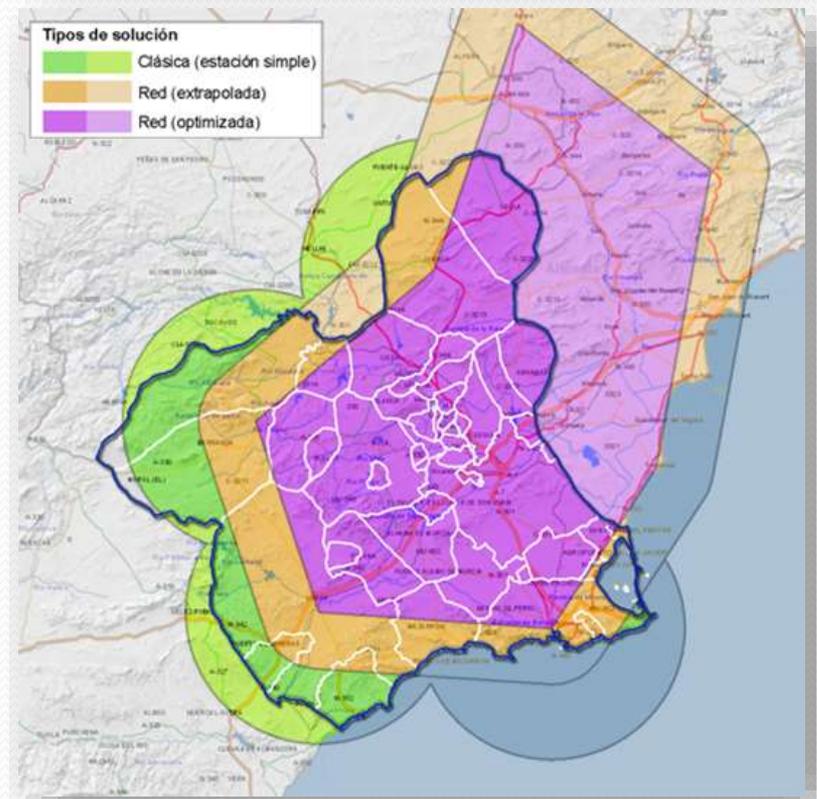
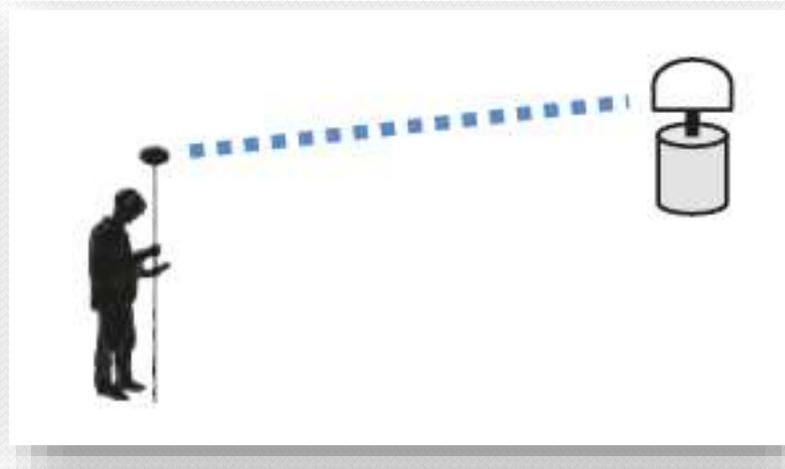
3.2.1. SOLUCIONES.

- Algunos servicios de posicionamiento real son capaces de ofrecernos **2 tipos de soluciones**:
 1. **Solución con el conjunto de red:** Las correcciones enviadas son generadas a partir de modelos que se alimentan de los datos registrados por todas las estaciones permanentes de la red. El servicio ofrece varias técnicas para la generación de las correcciones, como son MAC, VRS, FKP o CERCANA. Esta es la **solución más recomendable** dado que su precisión es homogénea en todo el territorio y no exige conocer la estación permanente más próxima a la ubicación del dispositivo GPS/GNSS.





2. **Solución con estación única (punto simple):** Las correcciones son calculadas utilizando una única estación permanente de referencia. En este caso, el usuario ha de indicarla explícitamente. Su precisión es menor a medida que el dispositivo GPS/GNSS se aleje respecto a la estación permanente de referencia. Por ello es recomendable utilizar la más próxima.





Posición fija, flotante o única.

- El estado de la solución define la **precisión** que se puede lograr en este momento. Hay tres estados de solución que puede ver cuando trabaja con dispositivos GNSS:
 - **Solución fija (FIX)** significa que el posicionamiento es relativo a la base y se resuelve la ambigüedad entera. La precisión en el modo autónomo es de un **centímetro**.
 - **Solución flotante (FLOAT)** significa que ahora se tienen en cuenta las correcciones de la base y que el posicionamiento es relativo a las coordenadas de la base, pero la ambigüedad de los enteros no se resuelve. La precisión en el modo de flotación es **submétrica**.
 - **Solución única (SINGLE)** significa que el móvil ha encontrado una solución que se basa en sí mismo sin aplicar correcciones básicas. La precisión en el modo autónomo está a nivel de **metros**.

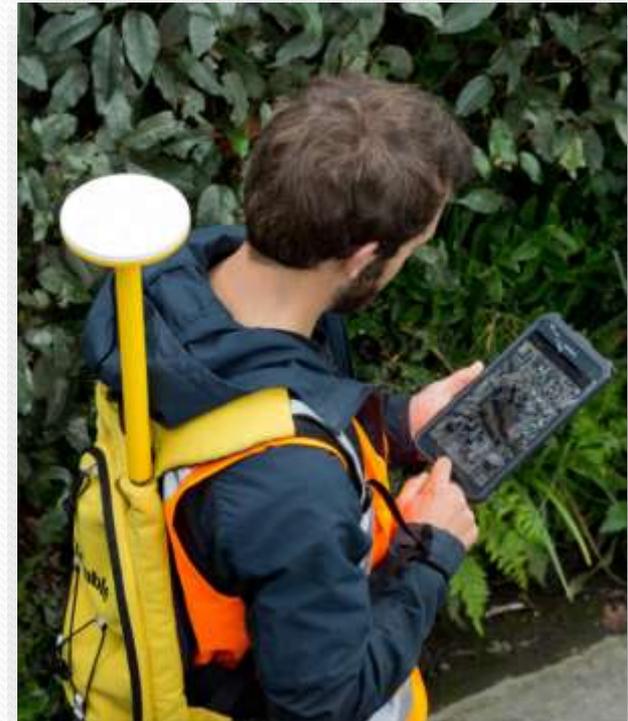


Trimble Catalyst

- Dispositivo GNSS RTK en entorno Android que ofrece **precisiones** de entre 1-2 cm y 1 m **a demanda del usuario**.
- Admite dispositivos móviles y tablets y se puede trabajar con cualquier aplicación de campo de Android que tenga servicio de posicionamiento.
- Cobertura mundial VRS y RTX de Trimble.
- Precio a partir de 1.800 € + IVA.



<https://www.youtube.com/watch?v=wR7J-AYbOrE>



Trimble Catalyst planes.



1-2 cm
\$10 USD/hour*

Unlimited users. Valid for **12 months** from purchase.
Catalyst Precision Subscriptions bundle access to Trimble VRS Now and Trimble RTX GNSS corrections services through the Trimble Corrections Hub.

*Plus applicable taxes. Pricing varies by region and currency. Contact your local Trimble Distributor for pricing in your area.



1-2 cm
\$350 USD/month*

1 named user. Valid for **1 month** from purchase.
Catalyst Precision Subscriptions bundle access to Trimble VRS Now and Trimble RTX GNSS corrections services through the Trimble Corrections Hub.

*Plus applicable taxes. Pricing varies by region and currency. Contact your local Trimble Distributor for pricing in your area.



10cm
\$200 USD/month*

1 named user. Valid for **1 month** from purchase.
Catalyst Decimeter Subscriptions bundle access to Trimble VRS Now and Trimble RTX GNSS corrections services through the Trimble Corrections Hub.

*Plus applicable taxes. Pricing varies by region and currency. Contact your local Trimble Distributor for pricing in your area.



30-75 cm
\$120 USD/month*

1 named user. Valid for **1 month** from purchase.
Catalyst Sub-meter Subscriptions bundle access to Trimble VRS Now and Trimble RTX GNSS corrections services through the Trimble Corrections Hub.

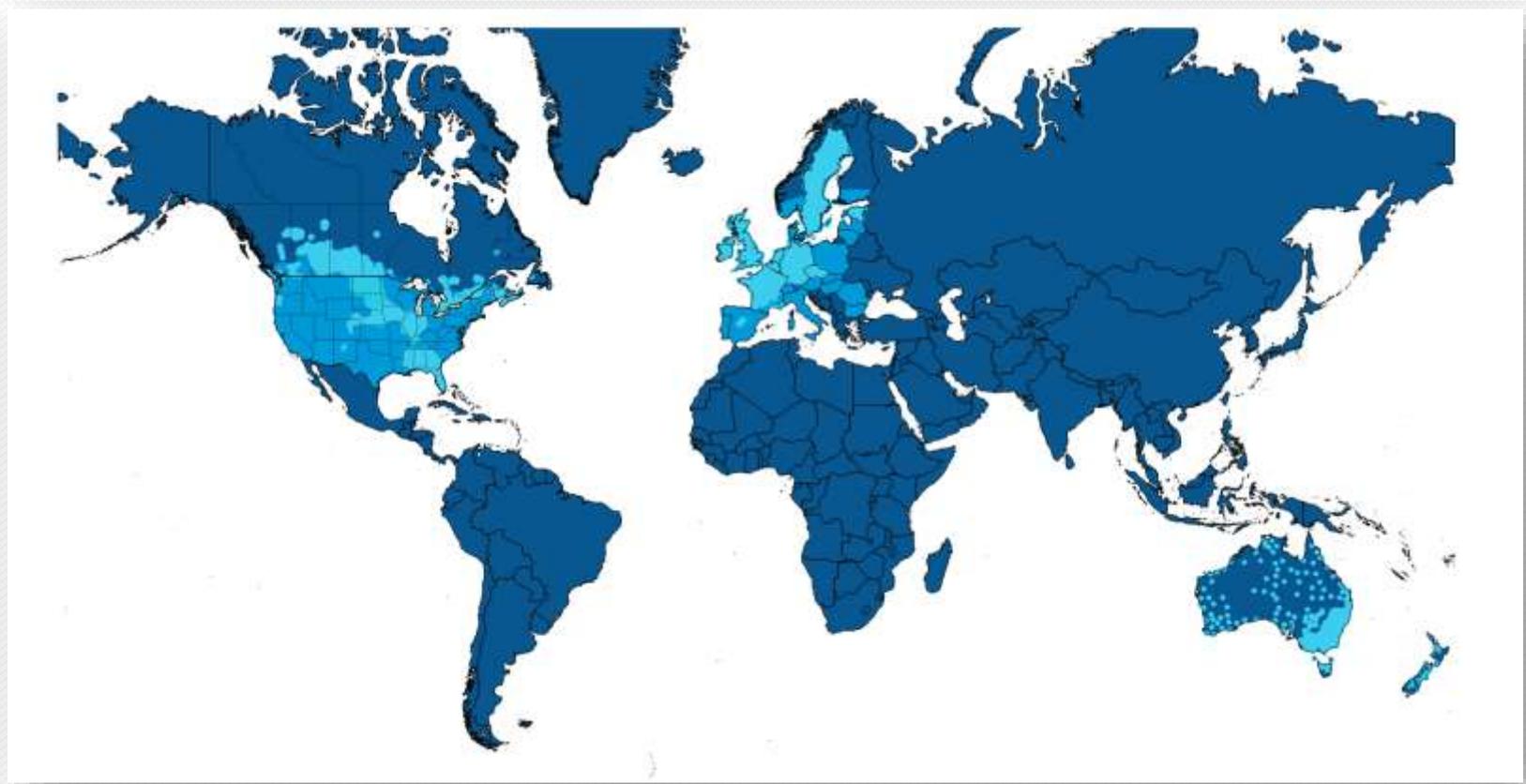
*Plus applicable taxes. Pricing varies by region and currency. Contact your local Trimble Distributor for pricing in your area.



100 cm
\$40 USD/month*

1 named user. Valid for **1 month** from purchase.
Catalyst 1 Meter Subscriptions bundle access to Trimble RTX GNSS corrections service through the Trimble Corrections Hub.

*Plus applicable taxes. Pricing varies by region and currency. Contact your local Trimble Distributor for pricing in your area.





■ Accuracy: down to 1 cm (requires access to the internet and a local correction service)



- EMLID Reach RS2.
- Dispositivo RTK multifrecuencia GPS/QZSS, GLONASS L1, L2; BeiDou B1, B2; Galileo E1, E5.
- Precisión submétrica y centimétrica.
- Puede recibir correcciones diferenciales en formato RTCM 2 y 3.
- NTRIP, VRS, RTCM3. Conexiones Bluetooth, modem 3.5G, WiFi.

Precio: 1.800 € (sin IVA).

<https://atyges.es/tienda/wp-content/uploads/2020/01/Comparativa-RS-RS2.pdf>

- ArduSimple Calibrated y Handheld Surveyor kit.
- Dispositivo RTK multifrecuencia GPS/QZSS, GLONASS L1, L2; BeiDou B1, B2; Galileo E1, E5.
- Precisión submétrica y centimétrica.
- Puede recibir correcciones diferenciales en formato RTCM 2 y 3.
- Conexión Bluetooth.

Precio: 444 - 399 € (sin IVA).

<https://www.ardusimple.com/>





Pros y contras.

- **Pros:**

- Alta precisión (dm y cm) y rapidez en la toma de datos en el bosque. Posibilidad de edición de nuestro mapa en tiempo real.
- Posibilidad de realizar el post-proceso de los datos en distintas ocasiones usando diferentes configuraciones.
- Posibilidad de usar software de licencia **(OCAD)** y libre **(Open Orienteering Mapper)**.
- Línea base rover-base hasta 60 km*. Comunicación LoRa 8 km*.

- **Contras:**

- Necesaria cobertura de datos móviles para poder recibir las correcciones NTRIP. Posibilidad de usar amplificadores de señal móvil.



4. EJEMPLO PRÁCTICO.



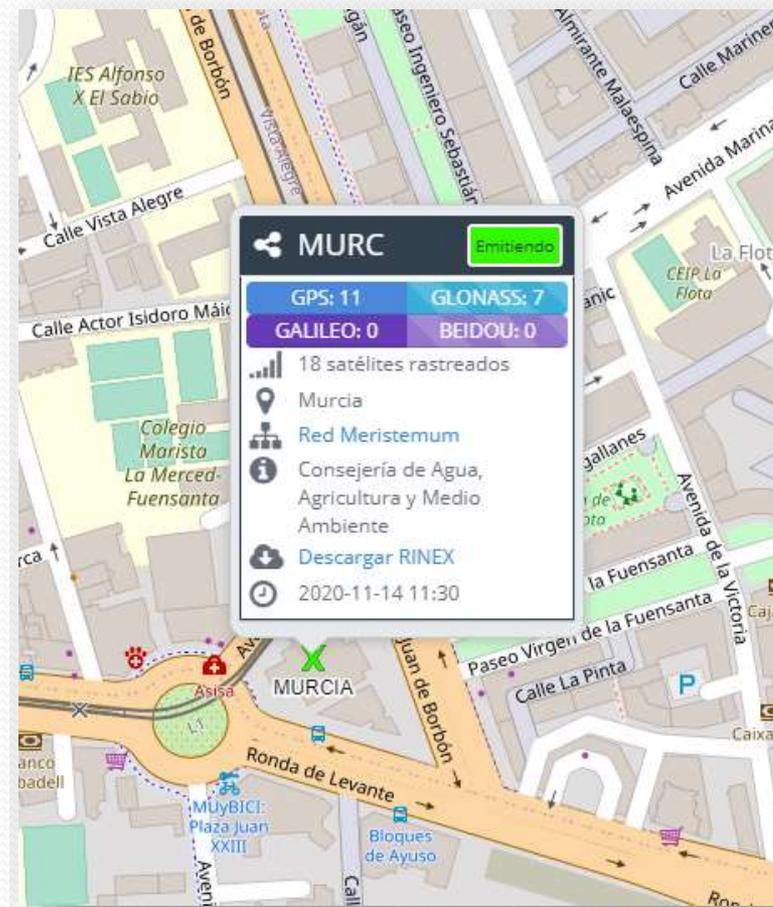
4.1. PRUEBAS EN CAMPO Y COMPARATIVA.

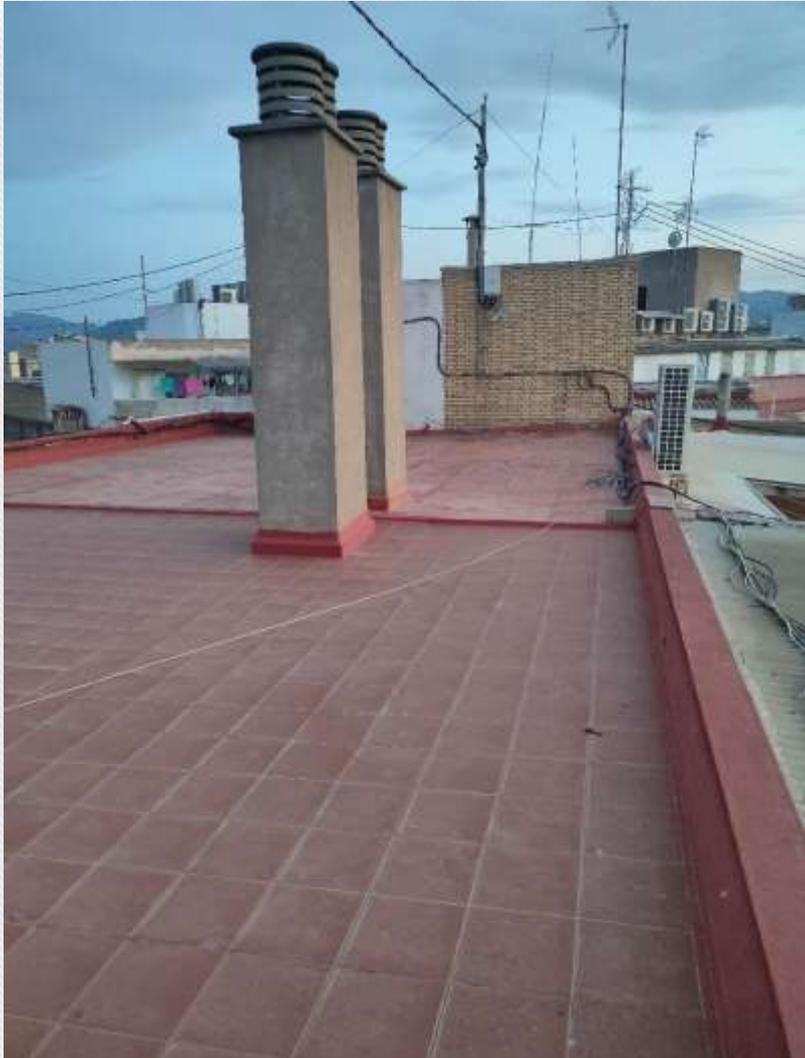
- Dispositivos **hardware** empleados:
 - GNSS EMLID Reach RS2 topografía.
 - Garmin Glo 1.
 - Teléfono móvil Realme X2 Pro (Android).
- **Software** empleado:
 - Open Orienteering Mapper 9.4.0. (app Android) (También válido OCAD).
 - Lefebure NTRIP Caster (app Android).
 - Reach View (app Android).
 - Bluetooth GPS (app Android).

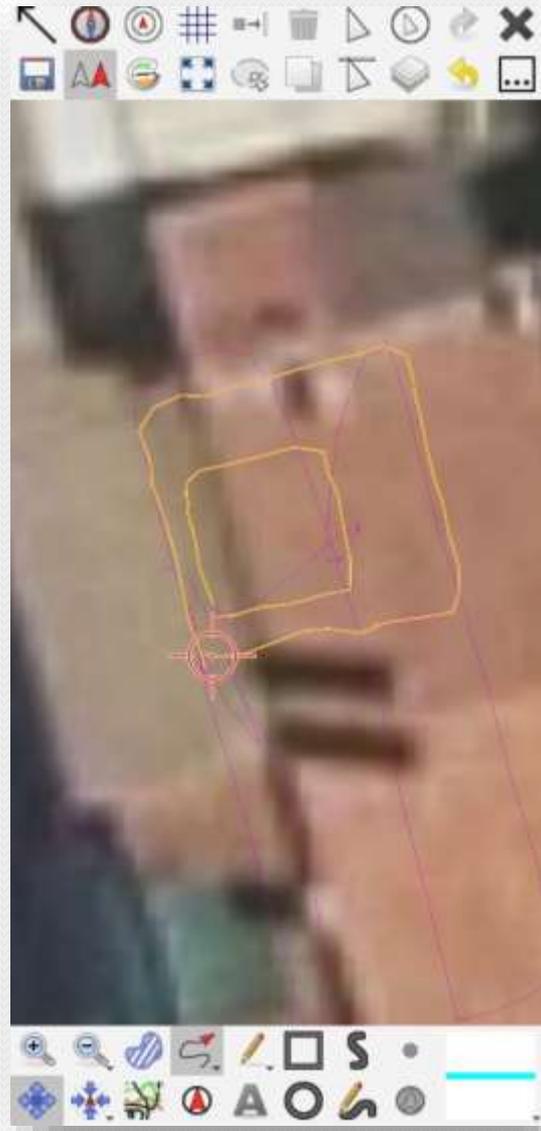


4.1.2. PRUEBAS EN AZOTEA. PRECISIÓN.

- Pruebas en la azotea antes de visitar el bosque.
- GNSS EMLID y Lefebure NTRIP Caster.
- Conexión NTRIP a estación permanente CARM cercana (700 m).
- Seguimiento línea 10 y 20 baldosas (30*30) formando un cuadrado de 3 m y 6 m de lado respectivamente.
- Seguimiento de elementos lineales antepecho y juntas.









20:27 [E] [Signal icons]

N NTRIP Client [Settings icons]

FloatRTK:23 Δ 0.016m

Disconnect HDOP:0.9

37,9915035,63160214

08:27:30 Service Started
08:27:30 GPS Mock Location Enabled
08:27:30 Network: Disabled
08:27:30 Device: reach
08:27:30 Trying to Connect...
08:27:33 Bluetooth Device Connected
08:27:34 Fix type is now FloatRTK
08:27:34 Using 24 satellites
08:27:39 Using 23 satellites
08:27:39 Using 24 satellites
08:27:39 Using 23 satellites
08:27:40 Using 24 satellites
08:27:40 Using 23 satellites
08:27:41 Using 22 satellites
08:27:41 Using 23 satellites
08:27:41 Using 22 satellites
08:27:42 Using 23 satellites

[Android navigation bar]





Errores en el levantamiento de elementos lineales de $\pm 4-42$ cm.



4.1.2. PRUEBAS EN BOSQUE. PRECISIONES.

- Pruebas en el entorno del mapa del Pantano de Santomera (Murcia).
- GNSS EMLID, Garmin GLO y apps.
- Conexión NTRIP a estación permanente CARM cercana (línea base 14 km aprox.).
- Levantamiento elementos puntuales (tocones, mojón) y lineales (pista y tubería).









Ejemplo de cómo el dispositivo GNSS cambia de solución fija a flotante. Pasa de obtener precisión centimétrica en la posición a precisión submétrica.

Suele ocurrir en zonas accidentadas, con mucha vegetación,... donde la señal se recibe con peor calidad.



15:29 3G v2.24.0

RS2

Status

Fix solution	2.1 PDOP	R: 32 / B: 14 satellites
0.6 s age	13.775 km baseline	

Point name **Pole height** m

Lat: 38.10833657*
Lon: -1.06949863*
H: 196.561 m

$\sigma_x = 0.113$ m
 $\sigma_y = 0.070$ m
 $\sigma_z = 0.009$ m

00:02

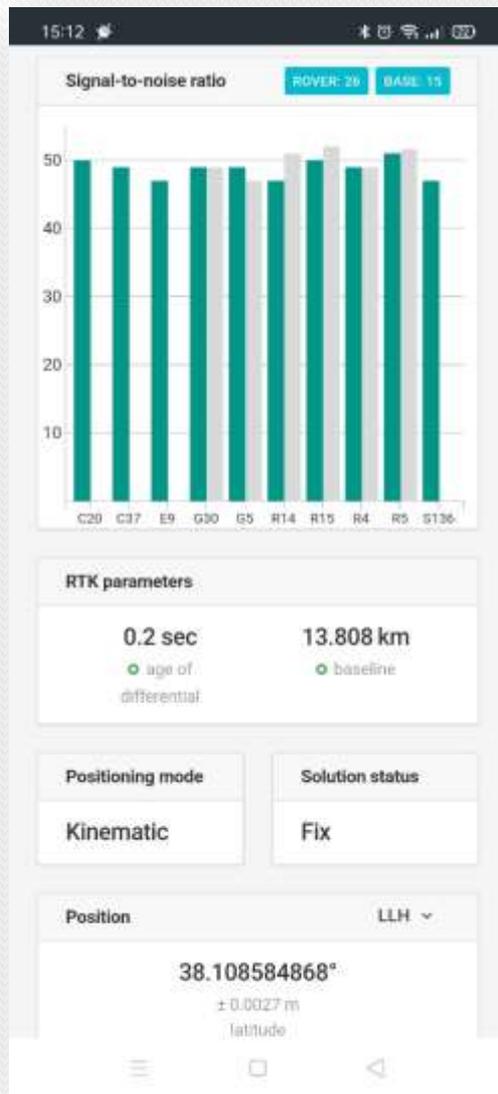
Cancel Accept

15:13 NTRIP Client

RTK:20 38,10858479
Disconnect -1,06927359
 Δ 0.016m PDOP:2.1

03:13:29 Service Started
03:13:29 GPS Mock Location Enabled
03:13:29 Network: Disabled
03:13:29 Device: reach
03:13:29 Trying to Connect...
03:13:35 Bluetooth Device Connected
03:13:40 Fix type is now RTK
03:13:40 Using 20 satellites

Ajustar Punto / Ángulo Conmutar discontinuidad

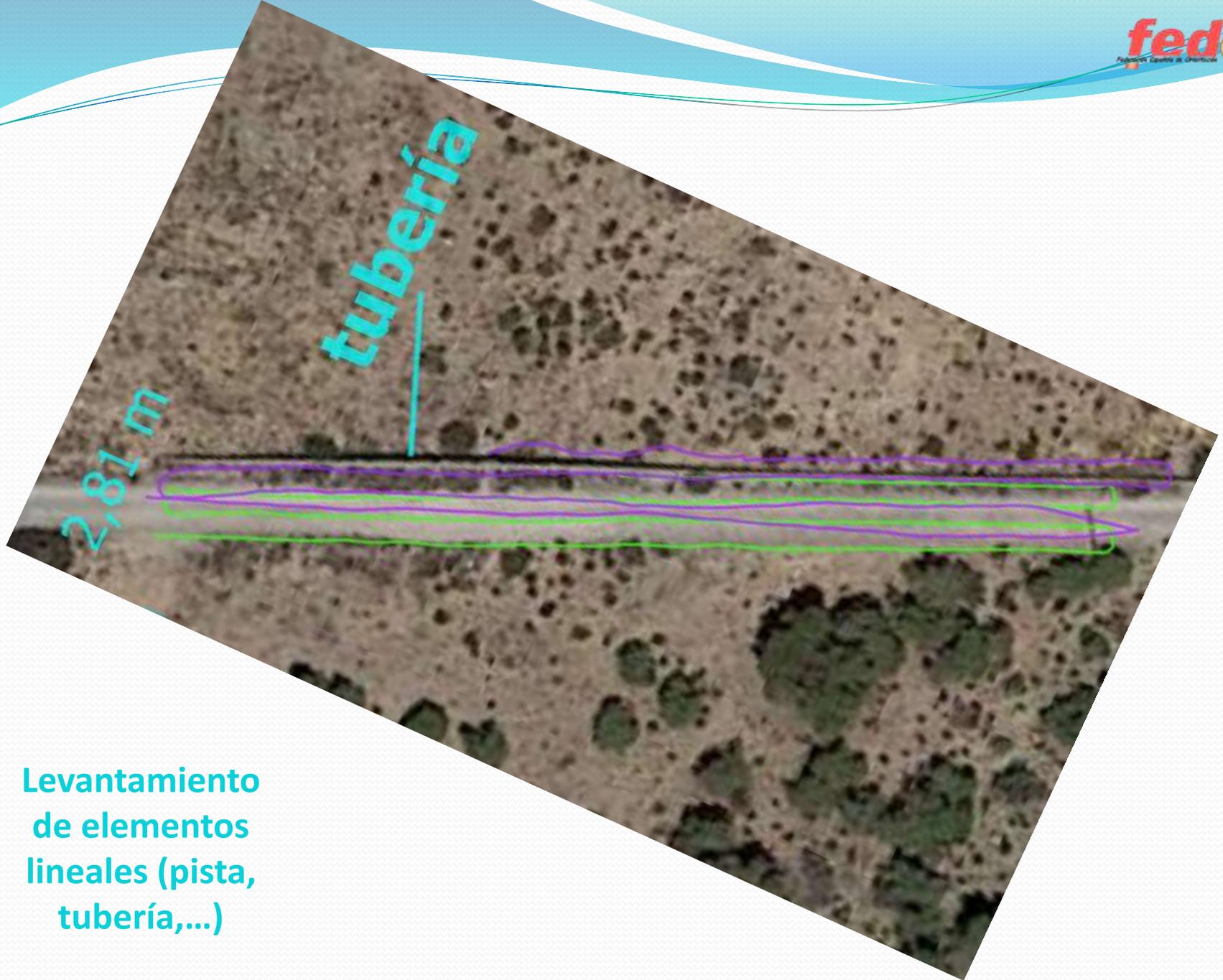






Levantamiento
de elementos
puntuales





Levantamiento
de elementos
lineales (pista,
tubería,...)



¿DUDAS ?





GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN

joseamadorreal.topografo@gmail.com