

LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA DE
CARTAGENA

Proyecto realizado por:

Don Pablo González Alcaraz

Tutor del proyecto:

Don Manuel Torres Picazo

**Escuela de Ingeniería de Caminos, Canales y
Puertos y de Ingeniería de Minas.**

**LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS DE UNA RED DE
PUNTOS ESTABLEZIDOS PARA CORRELACIONAR
LOS DISTINTOS ESPACIOS DE LA UNIVERSIDAD EN
EL MISMO SISTEMA DE COORDENADAS.**

Agradecimientos:

Gracias a todas aquellas personas que me han apoyado para llegar este momento, como Don Manuel Torres Picazo, tutor de este proyecto, que ha sido una gran ayuda para la realización del mismo.



INDICE

1. Antecedentes

1.1 Referencia Histórica

1.2 Actualidad

2. Objetivos de proyecto

3. Memoria

3.1 Información teórica de interés

3.1.1 Introducción al GPS

3.1.2 Geodesia

3.1.2.1 La figura de la tierra

3.1.2.2 Sistemas elipsoidales de referencia

3.1.2.2.1 European Datum (ED50)

3.1.2.2.2 World Geodetic System 1984 (WGS84)

3.1.2.2.3 International Terrestrial Reference Frame (ITRF)

3.1.2.2.4 European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89)

3.1.3 Descripción del sistema GPS

3.1.3.1 Sector Espacial

3.1.3.2 Sector Control

3.1.3.3 Sector Usuario

3.1.4 Medición de la distancia entre satélite y receptor

3.1.5 Observables GPS y medidas de distancias a satélites

3.1.5.1 Medias de código y pseudodistancias

3.1.5.2 Medidas de fase

3.1.5.3 Medidas del tiempo

3.1.6 Incertidumbres en observaciones GPS

3.1.6.1 Tiempo (Relojes)

3.1.6.2 Ionosfera

3.1.6.3 Troposfera

3.1.6.4 Efecto multitrayectoria

3.1.6.5 Errores según los ángulos de los satélites

3.1.6.6 Errores intencionales

3.1.7 GPS diferencial

3.1.8 Receptores GPS

3.1.8.1 Clasificación

3.1.8.2 Descripción del receptor

3.1.8.3 Receptores secuenciales

3.1.8.4 Receptores continuos

3.1.9 Métodos y aplicaciones de posicionamiento GPS

3.1.9.1 Criterios de clasificación

3.1.9.1.1 Según el sistema de referencia

3.1.9.1.2 Según el movimiento del receptor

3.1.9.1.3 Según el observable utilizado

3.1.9.1.4 Según el momento de la obtención de coordenadas

3.1.9.2 Métodos de posicionamiento

3.1.9.2.1 Método estático relativo estándar

3.1.9.2.2 Método estático relativo rápido

3.1.9.2.3 Método cinemático relativo

3.1.9.2.4 Real time kinematic (RTK)-GPS en tiempo real

3.1.9.2.5 Real time diferencial GPS (RTDGPS)

3.1.10 Estaciones permanentes

3.1.10.1 Componentes fundamentales de una red de estaciones GPS permanentes

3.1.10.2 Elementos básicos necesarios para instalar una estación permanente

3.1.10.3 Requisitos para la colocación de una estación permanente

3.1.11 Estaciones permanentes utilizadas en el proyecto

3.1.11.1 REGAM

3.1.11.2 MIRISTEMUM

3.2 Elección de los puntos

3.2.1 Criterios generales adoptados para la elección de los puntos

3.2.2 Nomenclatura utilizada para cada uno de los puntos

3.2.3 Criterios particulares utilizados para cada uno de los puntos

3.3 Medición de los puntos

3.3.1 Elementos principales

3.3.2 Proceso de determinación de los puntos

3.3.3 Tiempo de medición

3.3.4 Contratiempos surgidos

4. Procesado de los datos obtenidos

4.1 Descarga de los datos crudos

4.2 Coordenadas de los puntos en RKT

4.3 Coordenadas de los puntos en post-proceso

4.3.1 Forma de operar con el LGO

4.3.1.1 Coordenadas de los puntos tras procesar con sus campos

4.3.1.2 Observaciones

4.3.2 Trimble Geomatics Office

4.4 Reseñas de los puntos

5. Conclusión

6. Bibliografía

Anexo: Ficha técnica Leica GPS 1200

1. ANTECEDENTES

1.1 Referencia histórica

La creación de la Escuela Universitaria Politécnica de Cartagena se inició en 1975 como consecuencia de la integración de los estudios en la Universidad de Murcia, a raíz de la Ley General de Educación, con el propósito de integrar en ella las Escuelas Universitarias de Ingeniería Técnica Minera y la de Ingeniería Técnica Industrial. La idea era crear un Centro de Enseñanzas modelo, el primero en su género en España pues aunque se conocía el precedente anterior del Instituto Politécnico de La Rábida, aquel constituía una institución mixta de enseñanzas Formación Profesional, Enseñanzas Medias y Escuelas de Ingeniería.

Con el R.D. 336 de 21 de Enero de 1977, se creaba la Escuela Universitaria Politécnica en la que se incorporaba, junto a las escuelas matrices, la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval.

Finalmente, y partiendo de la base de los centros y titulaciones impartidas hasta entonces en el Campus de Cartagena se crea, mediante la Ley 5, de 3 de agosto de 1998, la Universidad Politécnica de Cartagena que incluye los siguientes centros:

- Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica.
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial.
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación.
- Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Civil.
- Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval.
- Facultad de Ciencias de la Empresa.
- Centros adscritos según autoriza la ley de creación de la UPCT:
- Escuela Universitaria de Relaciones Laborales.
- Escuela Universitaria de Turismo.

1.2 Actualidad

En la actualidad la Universidad Politécnica de Cartagena está constituida por los siguientes espacios distribuidos por la ciudad de Cartagena:

-Campus de Alfonso XIII:

- Escuela Técnica superior de Ingeniería Agronómica (ETSIA)
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica (ETSINO)
- Escuela de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas (EICM)
- Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Edificación (ARQ & IDE)
- Biblioteca

-Campus Muralla del Mar:

- Escuela técnica superior de ingeniería técnica industrial (ETSII)
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación (ETSIT)
- Edificio I+D+I
- Biblioteca

-Facultad de ciencias de la empresa (FCE) en el antiguo Cuartel de Instrucción de Marinería

-Escuela Universitaria de Turismo situada en la Universidad Nacional de Educación a Distancia

-Rectorado

-Centro social y Deportivo

-Pabellón Deportivo "Urban"

-Residencia Universitaria "Alberto Colao"

-Residencia Universitaria "Calle Caballero"

Ubicación de los distintos espacios de la UPCT



2. OBJETIVOS DE PROYECTO

- Elegir una serie de puntos que sean representativos de los distintos espacios que forman parte de la UPCT.
- Calcular sus coordenadas de la manera más precisa, por un lado en RTK y por otro por post- proceso, para comparar las precisiones de ambos métodos.
- Realizar la toma de datos con dos sistemas Leica GPS1200 simultáneamente, para crear una red de puntos por triangulación.
- En post- proceso, calcular una red libre y después ligarla a las coordenadas de las estaciones permanentes de las redes regionales REGAN y MERISTEMUM, y a la nacional IGN, cada una por separado para poder comparar resultados.
- Usar los software Leica Geo Office y Trimble Geomatics Office.
- Poner a disposición de la Universidad los resultados para su posible uso futuro.

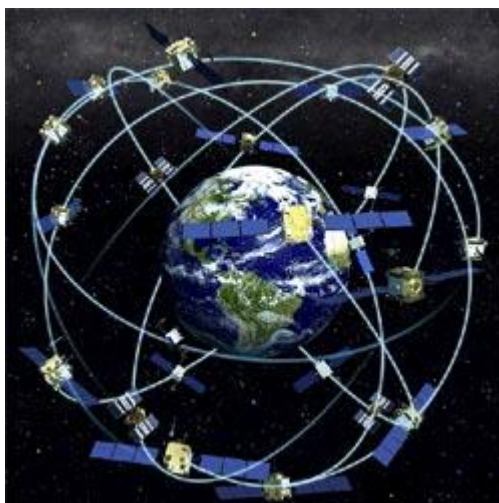
3. MEMORIA

3.1 Información teórica de interés

3.1.1 Introducción al GPS

GPS es la abreviatura de Global Positioning System (sistema de posicionamiento global). Es un sistema de posicionamiento por satélites uniformemente espaciados alrededor de su órbita y que nos proporcionan información de puntos que están situados en la superficie terrestre, este proceso se lleva a cabo mediante la transmisión-recepción de señales electromagnéticas.

El GPS es un sistema basado en satélites artificiales activos, formando una constelación con un mínimo de 24 de ellos. Permite diferentes rangos de precisión según el tipo de receptor utilizado y la técnica aplicada.



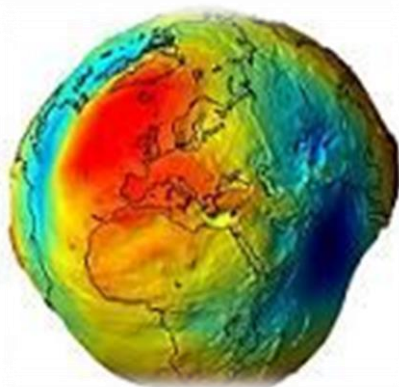
El sistema GPS ha sido desarrollado por el Departamento de Defensa Americano (DoD). Se basa en la constelación NAVSTAR. La metodología nació con el objetivo de mejorar el sistema de satélites de navegación militar TRANSIT (efecto Doppler), muy usado en geodesia desde 1967 en todo el mundo. El primer satélite GPS data de 1978 y la fecha desde la que se considera en funcionamiento el sistema es enero de 1994.

Frente al control del sistema GPS por parte del gobierno americano, la Unión Europea está desarrollando su propia constelación de satélites para disponer de un sistema de navegación propio. Este nuevo sistema se denomina GALILEO y el número de satélites será de 24 a 35. Además, existe un sistema semejante, llamado GLONASS, de patente rusa.

3.1.2 Geodesia

3.1.2.1 La figura de la Tierra:

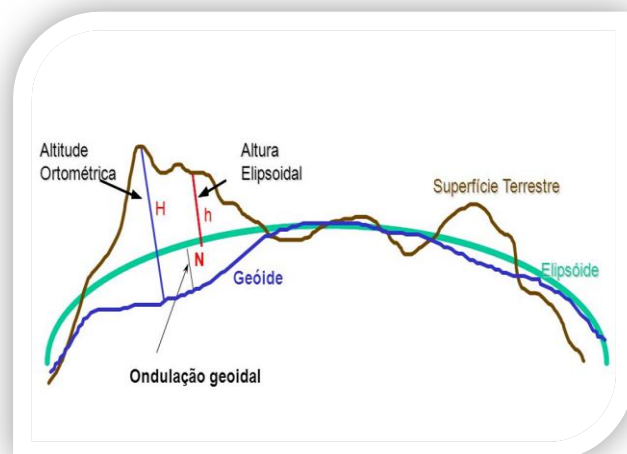
Geoide es un término que, desde la perspectiva de la geodesia, permite describir la apariencia teórica de la Tierra. Esta ciencia matemática tiene el propósito de determinar la magnitud y la figura del globo terrestre para construir los mapas adecuados. El concepto de geodesia deriva de un vocablo griego que puede traducirse al español como “*división de la tierra*”.



Un geoide, por lo tanto, es un cuerpo deformado casi esférico que evidencia un leve achatamiento en sus extremos. Este aplanamiento polar con su consecuente ensanchamiento ecuatorial se debe a los efectos de la gravitación y de la fuerza centrífuga que se genera con el movimiento de rotación sobre su eje.

Para aprovechar el potencial de la tecnología GNSS podemos obtener alturas ortométricas, siempre que podamos determinar la relación entre los sistemas de alturas físico y geométrico (derivado del posicionamiento satelital), a través de la conocida fórmula aproximada:

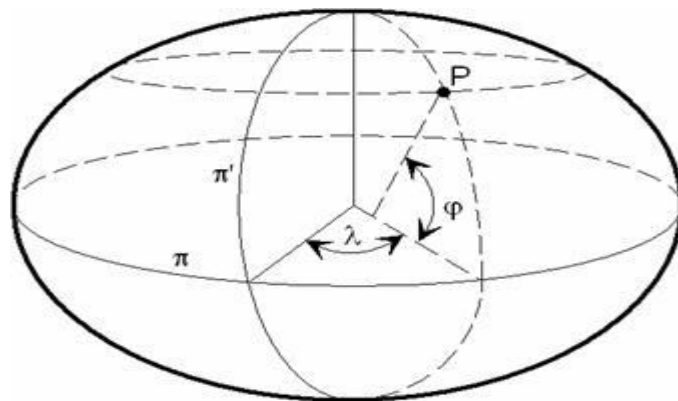
$$H = h - N$$



3.1.2.2 Sistemas elipsoidales de referencia.

Como la definición matemática del geoide presenta gran complejidad, así como su definición, la superficie de la Tierra puede representarse con mucha aproximación mediante un elipsoide de revolución, definiéndose este sistema con:

- Superficie de referencia: dimensiones (semiejes a, b).
- Ejes o líneas de referencia en la superficie.
- Sentidos de medida.



Sobre esta superficie se definen las coordenadas geodésicas:

- Latitud geográfica (ϕ): ángulo medido sobre el plano meridiano que contiene al punto entre el plano ecuatorial y la normal al elipsoide en P.
- Longitud geográfica (λ): ángulo medido sobre el plano ecuatorial entre el meridiano origen y el plano meridiano que pasa por P.

El elipsoide de revolución que mejor se adapte al geoide en la zona con un punto donde ambos coinciden o bien la normal a ambos es la solución adoptada, constituyendo el concepto de Sistema Geodésico de Referencia. A lo largo de la historia diversos elipsoides se han utilizado para definir el Sistema de Referencia de cada país, de tal forma que se define aquel que mejor se ajuste al geoide.

En geodesia existirán dos Datum: horizontal y el vertical, que es la superficie de referencia respecto a la que se definen las altitudes. En este caso, lo más normal es que sea el geoide.

3.1.2.2.1 European Datum 1950 (ED50):

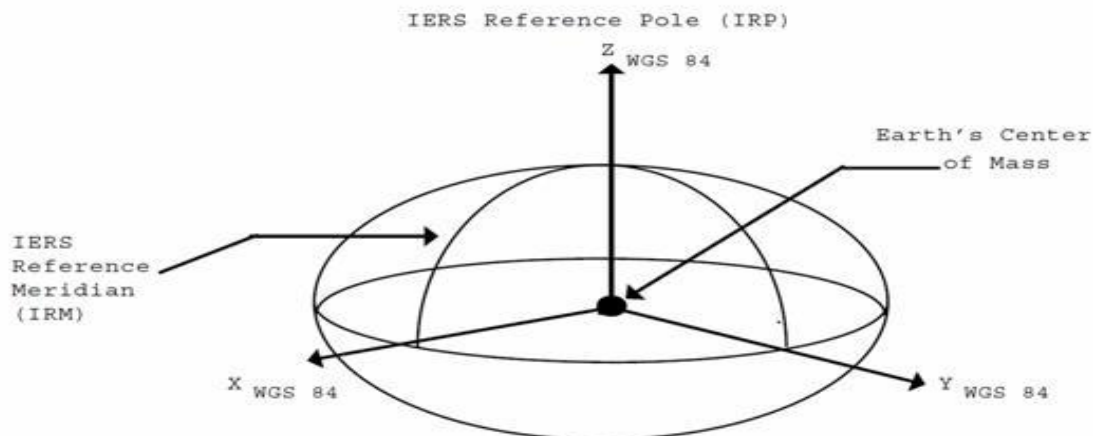
Hayford propuso en 1924 en la Asamblea Internacional de Geodesia y Geofísica (Madrid) un Elipsoide Internacional de Referencia, con $a = 6378388$ y $\alpha = 1/297$.

Este elipsoide fue utilizado ampliamente por la mayoría de países, no siendo perfeccionado hasta 1964, donde la Unión Astronómica Internacional en Hamburgo estableció unos nuevos valores de $a = 6378160$ y $\alpha = 1/298,25$

En España se adoptó en 1970 el Sistema ED50 como sistema oficial, sustituyendo al antiguo con elipsoide de Struve y datum Madrid (Observatorio del Retiro), tomando como parámetros del elipsoide de Hayford los definidos en 1924 ($a = 6378388$ y $\alpha = 1/297$).

3.1.2.2.2 World Geodetic System 1984 (WGS84):

Desde 1987, el GPS utiliza el World Geodetic System WGS-84, que es un sistema de referencia terrestre único para referenciar las posiciones y vectores. Se estableció este sistema utilizando observaciones Doppler al sistema de satélites de navegación NNSS o Transit, de tal forma que se adaptara lo mejor posible a toda la Tierra



3.1.2.2.3 Marcos y Sistemas de Referencia Terrestres: el International Terrestrial Reference Frame (ITRF).

- La localización de un origen.
- La orientación del sistema de ejes cartesianos ortogonales.
- Una escala.

En términos modernos, un conjunto de estaciones con coordenadas bien determinadas constituyen o representan una realización de un Marco de Referencia Terrestre (TRF, Terrestrial Reference Frame).

3.1.2.2.4 Los sistemas European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89) y REGCAN95.

La Subcomisión de la Asociación Internacional de Geodesia (IAG) para el marco de referencia europeo (EUREF), recomendó que el Sistema de Referencia Terrestre para Europa que debía ser adoptado (Florencia, 1990), denominado European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89).

El Real Decreto 1071/2007 establece ETRS89 como sistema de referencia geodésico oficial en España para la referenciación geográfica y cartográfica en el ámbito de la Península Ibérica y las Islas Baleares.

En el caso de las Islas Canarias, se adopta el sistema REGCAN95, ya que ETRS89 sólo afecta a la parte estable de la placa eurasiática. La definición de REGCAN95 se hizo a partir de la estación ITRF de Maspalomas, con las coordenadas publicadas en el ITRF93 y trasladadas a la época de observación de REGENTE en Canarias, 1994,8.

3.1.3 Descripción del sistema GPS

- SECTOR ESPACIAL
- SECTOR DE CONTROL
- SECTOR USUARIO

El sistema GPS consta de tres sectores: los satélites, el sistema de control terrestre de los mismos, y los receptores de usuario que recogen las señales enviadas por los satélites y determinan las coordenadas del punto sobre el que se encuentran. En la aplicación de la metodología GPS se diferencian esos tres elementos.

3.1.3.1 SECTOR ESPACIAL

Está compuesto por la constelación de satélites NAVSTAR (Sistema de Navegación para Tiempo y Distancia) los cuales transmiten: señal de tiempos sincronizados, parámetros de posición de los satélites, información del estado de salud de los satélites sobre las dos portadoras y otros datos adicionales.

La constelación actual consta de entre 27 y 31 satélites distribuidos en seis órbitas con 4 o más satélites en cada una. Los planos orbitales tienen una inclinación de 55 grados y están distribuidas uniformemente en el plano del ecuador. Con una órbita de 12 horas sidéreas, un satélite estará sobre el horizonte unas cinco horas.

El objetivo es que al menos 4 sean visibles al mismo tiempo, a cualquier hora del día y desde cualquier punto de la superficie terrestre.

Los lanzamientos se llevaron a cabo en dos generaciones. De la primera de ellas, Bloque I, ya no quedan satélites operativos pues la vida media de los satélites era de 6-7 años. Todos los satélites actuales pertenecen al Bloque II-A, II-F y II-R.

La altitud de los satélites es de unos 20100 Km. a su paso por el zenit del lugar. Orbitan con un periodo de 12 horas sidéreas por lo que la configuración de un instante se repite el día anterior con una diferencia entre día sidéreo y día solar medio (3m 56seg).

3.1.3.2 SECTOR CONTROL

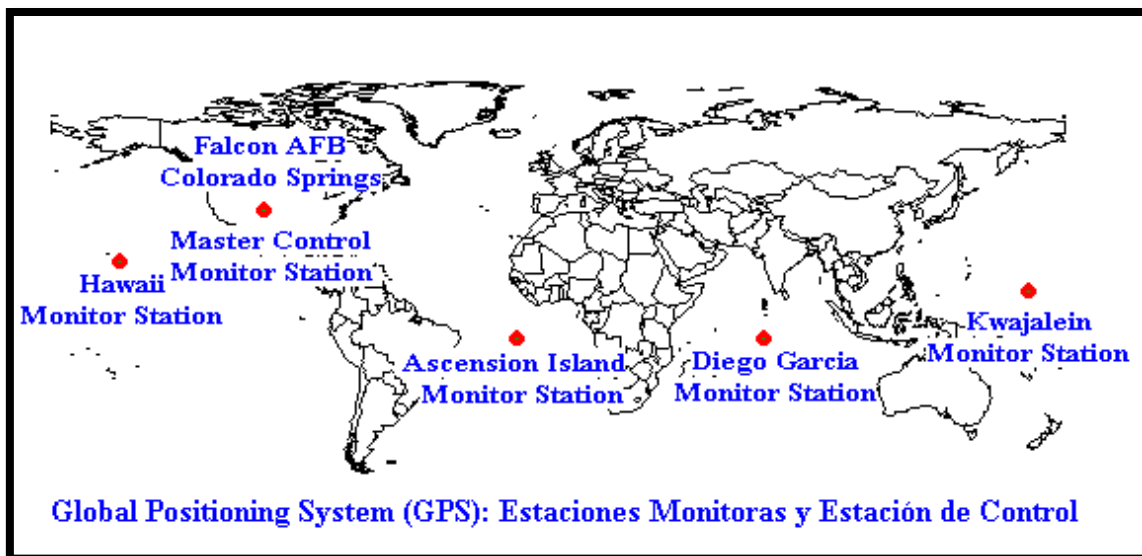
La misión de este sector consiste en el seguimiento continuo de los satélites, calculando su posición, transmitiendo datos y controlando diariamente todos los satélites de la constelación NAVSTAR. Había 5 centros: Colorado, Hawaii, Kwajalein, Isla de Ascensión e Isla de Diego García. Desde 1995 hay 10 estaciones monitoras.

Todas ellas reciben continuamente las señales GPS con receptores bifrecuencia provistos de relojes de H. También se registra una extensa información entre la que cabe destacar:

- Influencia que sobre el satélite tiene el campo magnético terrestre.
- Parámetros sobre la presión de la radiación solar.
- Posibles fallos de los relojes atómicos.
- Operatividad de cada uno de los satélites.
- Posición estimada para cada uno de los satélites dentro de la constelación global

Todos estos datos se transmiten a la estación principal situada en Colorado Spring (USA) donde se procesa la información, obteniendo de esta manera todas las posiciones de los satélites en sus órbitas (sus efemérides) y los estados de los relojes que llevan cada uno de ellos para que

con posterioridad los mismos satélites radiodifunden dicha información a los usuarios potenciales.



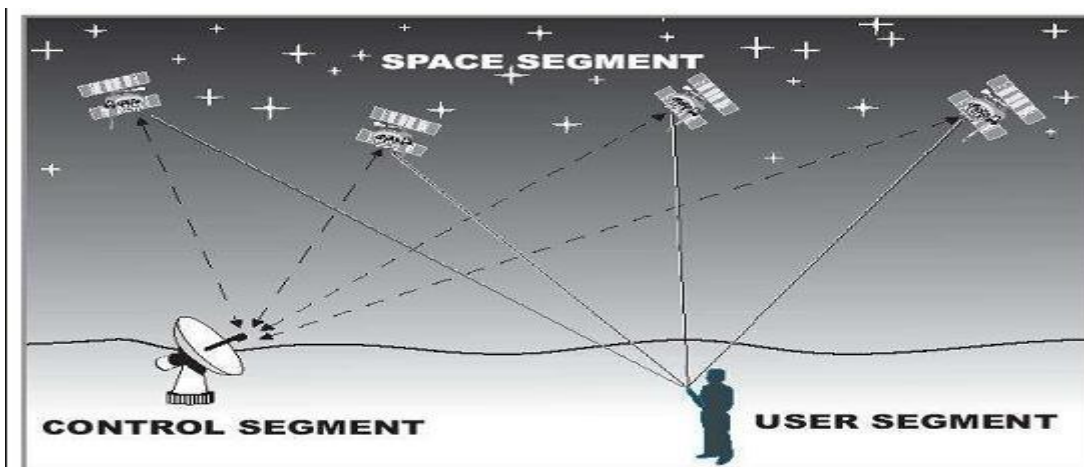
Estaciones permanentes internacionales

3.1.3.3 SECTOR USUARIO

Este segmento del sistema GPS varía según la aplicación que se esté tratando. Está formado por todos los equipos utilizados para la recepción de las señales emitidas por los satélites, así como por el software necesario para la comunicación del receptor con el ordenador, y el postprocesado de la información para la obtención de los resultados.

Hemos de tener en cuenta que el sistema GPS fue creado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos con fines exclusivamente militares y por ello el objetivo principal del GPS es el posicionamiento de vehículos y tropas militares en cualquier parte del mundo.

Las primeras aplicaciones civiles llegaron de la mano de la Navegación, en lo que hoy conocemos como gestión y control de flotas.



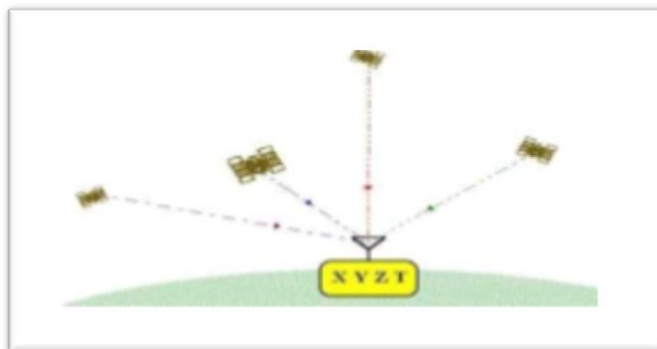
Sector Control y sector Usuario

3.1.4 Medición de la distancia entre satélite y receptor

Para ubicar un punto se necesita como mínimo de cuatro satélites, entre otras causas que explicaremos más adelante, porque con las distancias a tres satélites habría dos puntos donde se cortarían las esferas y que podrían ser nuestra posición.

Para decidir cuál de los puntos es la verdadera posición se pueden hacer dos cosas: o realizar una cuarta medición con otro satélite, que será la solución válida, o descartar la solución absurda, puesto que uno de ellos no estará en la Tierra o se moverá a velocidad muy superior a la de los satélites. Las ordenadas de los receptores GPS disponen de técnicas para distinguir los correctos de los incorrectos.

El Sistema GPS, midiendo la fase en el momento de llegada de las señales de al menos cuatro satélites, permite calcular cuatro parámetros: posición en tres dimensiones (X, Y, Z) y hora de GPS (T).



3.1.5 Observables GPS y medidas de distancias a satélites

- MEDIDAS DE CODIGO O PSEUDODISTANCIA
- MEDIDAS DE FASE
- MEDIDA DEL TIEMPO

El GPS es un sistema que permite obtener la posición de un punto midiendo las distancias existentes entre las antenas emisoras de los satélites y la antena receptora del equipo de campo.

Existen dos métodos fundamentales: mediante pseudodistancias (ó código) o por medidas de fase. En ambos casos el objetivo es la determinación de la distancia entre la antena GPS y el satélite del que recibe la señal.

Calculando la distancia como mínimo a tres satélites e intersectando inversamente en el espacio podremos determinar las coordenadas de la antena receptora, si el reloj del satélite y el reloj del receptor estuviesen sincronizados, en la práctica son necesarios 4satélites para

resolver con el cuarto la incógnita del estado del reloj. La precisión de dichas coordenadas dependerá del tipo de observaciones realizadas y de la metodología empleada en el posicionamiento. Por otra parte la metodología nos permite corregir parte de los errores que afectan a la precisión.

Las observables de tiempo (códigos) son:

- Código C/A modulado sobre L1.
- Código P modulado sobre la portadora L1.
- Código P modulado sobre la portadora L2.
- Código L2C modulado sobre la portadora L2.

Observaciones de diferencia de fase:

- Diferencia de fase de la portadora L1.
- Diferencia de fase de la portadora L2.

3.1.5.1 MEDIDAS DE CODIGO O PSEUDODISTANCIA

Para la solución geométrica son suficientes las mediciones de distancia a cuatro satélites, uno por cada incógnita (XYZ, tiempo).

Esa distancia desde el receptor al satélite se determina por medio de una medición del tiempo de propagación del código C/A, L2C o del código P (este último de la portadora L1 o de la portadora L2).

El satélite transmite un impulso (código), este impulso contiene información adicional del instante de emisión. En el receptor se mide el momento de llegada del impulso y se lee la información contenida sobre el instante de emisión. La diferencia de tiempo multiplicada por la velocidad de propagación de la señal nos permite obtener la distancia. Esta medida se denomina "pseudodistancia".

El tiempo del retardo nos permite calcular una distancia que no es precisamente la existente, ya que no conocemos el estado del reloj del receptor, de ahí que el valor hallado no sea una distancia real sino una pseudodistancia.

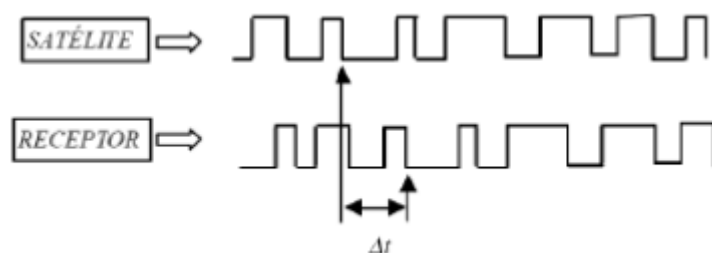
El método de pseudodistancias es propio de la técnica GPS. Se trata de una auténtica multilateración tridimensional que sitúa a la estación de observación, en la intersección de las esferas con centro en el satélite y radio correspondiente a la distancia entre las antenas de los satélites y el receptor, medida por este.



Intersección de Esferas

La pseudodistancia se podría definir como el desplazamiento temporal necesario para correlar una réplica del código GPS, generado en el receptor, con la señal procedente del satélite y multiplicado por la velocidad de la luz. Por tanto el observable es un tiempo.

La precisión de posicionamiento que nos ofrece este método es de aproximadamente un 1% del periodo entre sucesivas épocas de un código (se suele denominar longitud del chip). Así para el código P, cuyas épocas son de 0,1 microsegundo (por lo que la precisión de medida será de 1 nanosegundo), al multiplicar dicho factor por la velocidad de la luz, obtendremos una precisión de distancia de 30 cm. en tiempo real. Para el código C/A, cuya precisión es diez veces menor a la del código P, y obtendremos unos errores de unos 3 m.



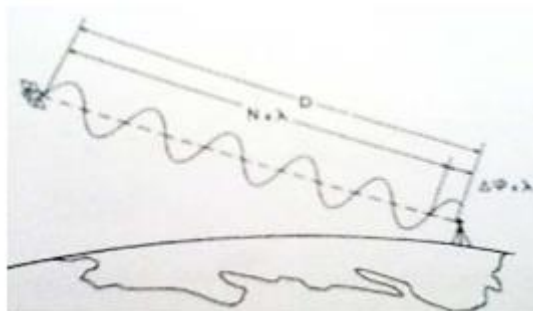
3.1.5.2 MEDIDAS DE FASE

Se denomina seguimiento con ayuda de portadora o medida de fase. Permite al receptor determinar con gran precisión donde está exactamente el inicio del código pseudo-aleatorio, lo que supone mediciones más precisas de la distancia que utilizando el método de pseudo-distancias.

El inconveniente de este método es la imposibilidad de trabajar a tiempo real, pero esto solamente es relativo, pues existen aplicaciones en las que es más importante la precisión que la obtención de coordenadas en tiempo real.

El sistema consiste en comparar una frecuencia de referencia, generadora por el receptor, con la frecuencia de la onda captada del satélite, una vez desmodulada. Las frecuencias, tanto la emitida por el satélite como la generada por el receptor, deben ser iguales.

Al controlar la fase, lo que se observa es el desfase entre la señal recibida y la generada por el receptor ($\Delta\phi$, medida en función de la variación 0° - 360° . Éste cambia con la distancia, de manera que permite el conteo de los ciclos completos.



Al conocer la longitud de onda (λ) de la señal y el desfase, lo único que necesitamos conocer para calcular la distancia es el número de ciclos completos (N) que ha descrito la señal en su recorrido, puesto que la distancia será: $D=\lambda(N +\Delta\phi)$. El valor N se denomina ambigüedad y se obtiene, para un instante determinado, con un proceso de cálculo.

La condición que se debe cumplir, utilizando este método, es no perder el satélite en ningún momento durante la observación, porque esto generaría una interrupción en el conteo de los ciclos. Sin embargo se puede recuperar la ambigüedad inicial mediante un proceso de cálculo.

3.1.5.3 MEDICIÓN DEL TIEMPO

Los satélites llevan a bordo dos o cuatro relojes atómicos, para garantizar el perfecto funcionamiento, en todo momento, de uno de ellos. Estos relojes pueden ser de rubidio, con precisión de 10¹², de cesio 10¹³ o de hidrógeno 10¹⁴. Sobre la frecuencia fundamental de estos relojes se articula toda la emisión del satélite GPS.

Los relojes atómicos funcionan con energía eléctrica. Deben su nombre a que se emplean como base las emisiones energéticas de un átomo en particular. Esta es la manera más exacta de medir el tiempo. La escala de tiempo utilizada en GPS es uniforme e independiente del tiempo utilizado por nosotros, ya que no se introducen correcciones por las variaciones rotacionales terrestres.

Los receptores llevan relojes de cuarzo, que sólo son moderadamente precisos, por lo que en las mediciones del tiempo pueden contener errores. La trigonometría nos permite calcular, a partir de tres mediciones perfectas, la situación de un punto en el espacio tridimensional. Pero cuatro mediciones imperfectas pueden lograr lo mismo que tres mediciones perfectas para posicionar un punto en un espacio tridimensional. Ésta es la razón por la que son necesarias, como mínimo, observaciones simultáneas a cuatro satélites para situar el punto con precisión.

Los ordenadores de los receptores GPS están programados de forma que, cuando reciben una serie de mediciones que no pueden interceptarse en un solo punto, suponen que la causa es que su reloj sufre alguna desviación. Entonces, mediante un proceso de cálculo, se determina el error del reloj del receptor, que tendrá la misma cuantía para todas las medidas realizadas.

Toda la señal que emite el satélite está estructurada sobre la frecuencia fundamental del reloj atómico, que es 10,23Mhz. Se utilizan dos ondas portadoras, denominadas L1 y L2, obtenidas de multiplicar esta frecuencia por unos factores:

$$L1 \rightarrow 10,23\text{Mhz} \times 154 \text{ (factor)} = 1575,42\text{Mhz} \quad \lambda=19,05\text{cm}$$

$$L2 \rightarrow 10,23\text{Mhz} \times 120 \text{ (factor)} = 1227,60\text{Mhz} \quad \lambda=24,45\text{cm}$$

Sobre la portadora L1 se modula el código C/A y el P. Sobre la L2 se modula el código P. Ambas ondas se denominan L porque están situadas en la franjas L (1000 – 2000Mhz) del espectro.

3.1.6 Incertidumbres en observaciones GPS

Los parámetros que van a condicionar en gran medida las precisiones que podamos obtener con el sistema GPS, y por lo tanto las fuentes de error posibles pueden deberse a los satélites, al medio de propagación de la señal o a los receptores.

Destacamos las siguientes:

3.1.6.1 Tiempo (relojes)

Dado que en la información que nos llega de los satélites, estos nos transmiten el tiempo exacto en el que empezaron a emitir su mensaje codificado, y que los receptores miden, también, el tiempo exacto en el que recibieron cada señal, podremos calcular una medida de distancia entre el receptor y el satélite, conociendo la velocidad de propagación de la onda y el tiempo transcurrido desde que se emitió la señal hasta que fue recibida. El problema surgirá cuando los relojes del satélite y el receptor no marquen el mismo tiempo, de tal manera que un microsegundo de desfase se traduce en un error de 300 metros en la medición de la distancia.

3.1.6.2 Ionosfera

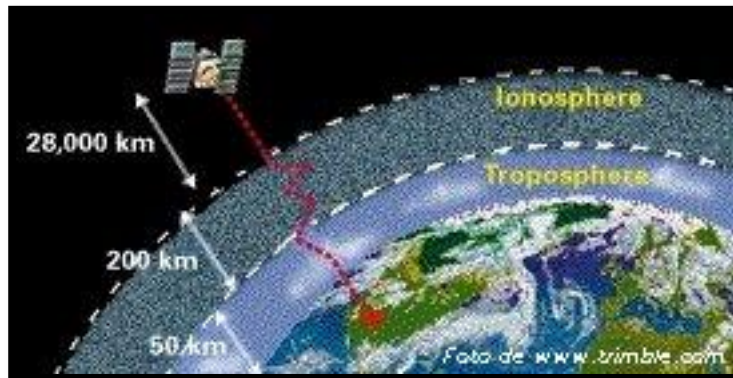
La ionosfera es la región de la atmósfera que se sitúa aproximadamente entre 50 y 1000 kilómetros sobre la superficie de la tierra. Posee la particularidad de que los rayos ultravioletas procedentes del sol ionizan las moléculas de gas que allí se encuentran liberando electrones, produciendo de esta forma una dispersión no lineal en las ondas electromagnéticas enviadas por los satélites. Cada onda se decelera en un ritmo inversamente proporcional al cuadrado de su frecuencia.

Este error se puede reducir utilizando cualquiera de los siguientes métodos:

1. El primero consiste en determinar el error ionosférico, en unas condiciones que corresponden a lo que entendemos por un día medio, y aplicar este factor de corrección a todas nuestras mediciones. Esta no es una solución idónea, pues las condiciones de este día medio no suelen coincidir con las que se dan normalmente en el momento de la observación. Sin embargo, es la única corrección que pueden aplicar algunos tipos de receptores, para lo cual, entre la información emitida por el satélite existe un modelo ionosférico.
2. El segundo método se basa en el hecho de que cuando la luz atraviesa la ionosfera se decelera a un ritmo inversamente proporcional al cuadrado de la frecuencia. De manera que, cuanto menos sea la frecuencia de la señal, mayor será su deceleración. Así, al comparar el momento de llegada de dos señales de distinta frecuencia y emitidas al mismo tiempo, podemos deducir el retraso que han sufrido y aplicando la corrección calculada podemos eliminar gran parte de este tipo de error. El retraso que puede producir esta zona oscila entre 2-50ns (0,6-15min).

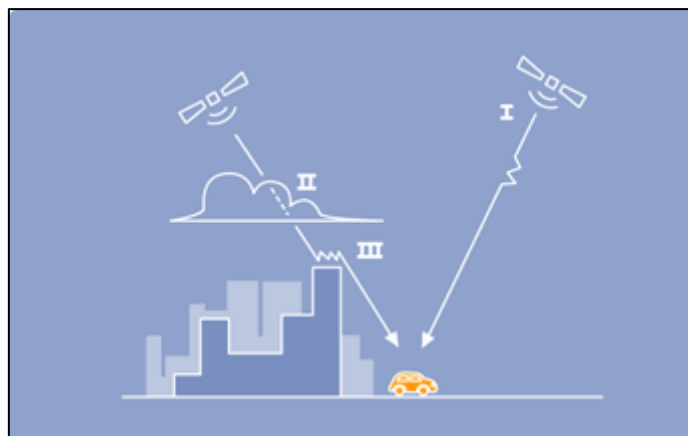
3.1.6.3 Troposfera

Estos errores se cometen cuando se produce una refracción de las ondas según las distintas condiciones meteorológicas de temperatura, presión y humedad relativa del aire, que encuentra a su paso. Para eliminar estos errores se aplican modelos troposféricos ya establecidos, o mediante algoritmos de estimación del retardo troposférico.



3.1.6.4 Efecto Multitrayectoria

Se produce cuando las señales transmitidas desde los satélites no siguen una línea recta, sino que son reflejadas en distintos lugares antes de alcanzar el receptor, lo que conlleva un cálculo erróneo de la distancia. Para eliminar este error se utilizan técnicas para el procesamiento de la señal, el diseño más idóneo del receptor y, sobre todo, la elección del punto más apropiado para la observación, en caso de que sea posible.



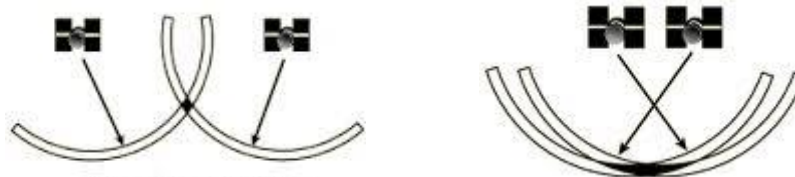
3.1.6.5 Errores según los ángulos de los satélites

La geometría básica por sí misma puede magnificar estos errores mediante un principio denominado "Dilación Geométrica de la Precisión" (DOP). Este principio pone de manifiesto que las mediciones pueden ser más o menos exactas en función de los ángulos relativos entre los satélites que utilizemos, de manera que aumentan el valor absoluto de todos los errores.

La distancia de los satélites a un punto se representa como una circunferencia cuyo borde sea una franja gruesa, lo que indica una distancia con +/- un error. Por lo que el lugar en el que está situado el receptor en vez de ser un punto sería un volumen.

LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS

Si el receptor toma satélites que están muy juntos en el cielo, las circunferencias de intersección que definen la posición se cruzarán a ángulos con muy escasa diferencia entre sí. Esto incrementa el área o margen de error acerca de una posición.



Si el receptor toma satélites que están ampliamente separados, las circunferencias interseccionan a ángulos prácticamente rectos y ello minimiza el margen de error.

Por todo esto, los receptores GPS eligen los cuatro mejores satélites de todos los que están a la vista, o bien, nosotros debemos indicar al receptor, con ayuda de las tablas que representan el almanaque para una zona determinada, que satélites debe seguir. Los receptores más perfectos calculan las coordenadas de un punto en función de todos los satélites a la vista.

Tipos de DOP generalmente utilizados:

- GDOP: Tres coordenadas de posición y estado de reloj.
- PDOP: Tres coordenadas de posición.
- HDOP: Dos coordenadas de posición planimétrica.
- VDOP: Solo altitud.
- TDOP: Solo estado del reloj.

Errores intencionales

Inicialmente el sistema GPS podía incluir un cierto grado de error aleatorio, de 15 a más de 100 metros, de forma intencional. Esto fue llamado Disponibilidad selectiva (S/A), y se utilizaba como medida de seguridad. El Departamento de Defensa introducía cierto "ruido" en los datos del reloj satelital, lo que a su vez se traducían en errores en los cálculos de posición.

También podía enviar datos orbitales ligeramente erróneos a los satélites que estos reenvían los receptores GPS como parte de la señal que emiten. Fue eliminada el 2 de mayo de 2000 por el presidente estadounidense de aquel entonces, Bill Clinton.

Resumen de las fuentes de error del sistema GPS			
Errores típicos, en Metros (Por cada satélite)			
Fuentes de Error	GPS Actual Desde 2/5/2000	GPS Standard Hasta 2/5/2000	GPS Diferencial
Reloj del Satélite	1.5	1.5	0
Errores Orbitales	2.5	2.5	0
Ionosfera	5.0	5.0	0.4
Troposfera	0.5	0.5	0.2
Ruido en el Receptor	0.3	0.3	0.3
Disponibilidad Selectiva	0	30	0
Exactitud Promedio de la Posición			
Horizontal	15	50	1.3
Vertical	24	78	2.0
3-D	28	93	2.8

3.1.7 GPS Diferencial

El GPS Diferencial introduce una mayor exactitud en el sistema. Este tipo de receptor, además de recibir y procesar la información de los satélites, recibe y procesa, simultáneamente, otra información adicional procedente de una estación terrestre situada en un lugar cercano y reconocido por el receptor.

Esta información complementaria permite corregir con las inexactitudes que se puedan introducir en las señales que el receptor recibe de los satélites. En este caso, la estación terrestre transmite al receptor GPS los ajustes que es necesario realizar en todo momento, éste los contrasta con su propia información y realiza las correcciones mostrando en su pantalla los datos correctos con gran exactitud.

El margen de error de un receptor GPS normal puede estar entre los 60 y los 100 metros de diferencia con la posición que muestra en su pantalla. Para un desplazamiento normal por tierra 100 metros de diferencia no debe ocasionar ningún problema, pero para realizar la maniobra de aterrizaje de un avión, sobre todo si las condiciones de visibilidad son bajas, puede llegar a convertirse en un desastre. Sin embargo, el GPS Diferencial reduce el margen de error a menos de un metro de diferencia con la posición indicada.

El único inconveniente del GPS Diferencial es que la señal que emite la estación terrestre cubre solamente un radio aproximado de unos 200 kilómetros. No obstante ese rango es más que suficiente para realizar una maniobra de aproximación y aterrizaje de un avión a un aeropuerto.

El DGPS usa dos métodos para corregir los posibles errores:

1. Transmisión de correcciones a las distancias aparentes

La estación de referencia se encarga de medir las distancias aparentes (‘pseudo ranges’) que la separan de los satélites visibles. Después calcula las distancias reales a partir de los datos que, sobre las coordenadas de los satélites, se incluyen en los mensajes de navegación. Finalmente obtiene unas correcciones a las distancias aparentes calculando las diferencias entre éstas y las distancias reales. Las correcciones obtenidas para cada satélite son transmitidas a los usuarios.

Dado que se transmiten correcciones para todos los satélites visibles, el usuario puede seleccionar la constelación que considere más apropiada, desechando aquellos satélites cuyos datos presenten más errores.

El principal inconveniente de este sistema es el encarecimiento del equipo receptor, ya que éste requiere grandes recursos de software.

2. Transmisión de correcciones a los errores de posición

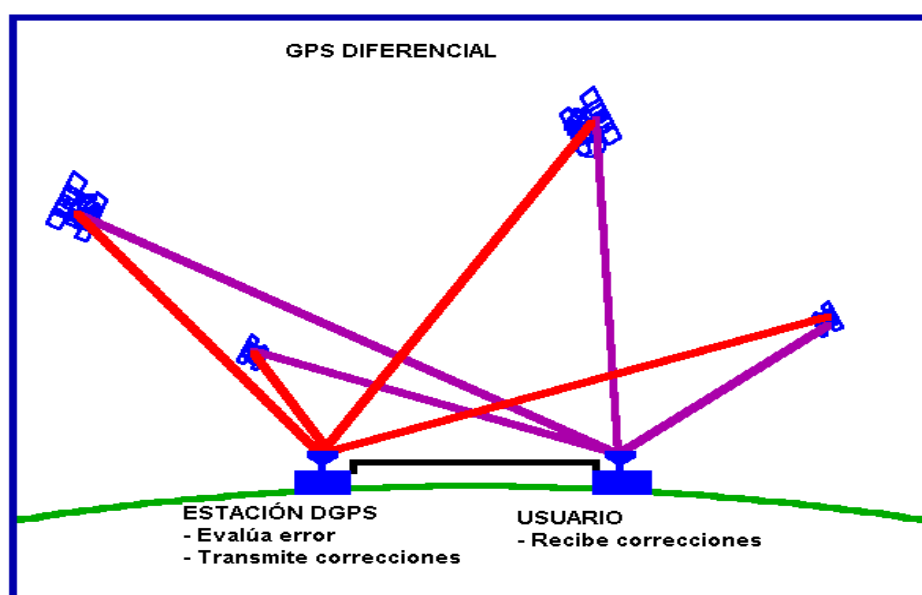
En este caso la estación de referencia calcula su posición a partir de los datos transmitidos por los satélites, y compara las coordenadas así obtenidas con sus coordenadas reales. De esta forma obtiene unas correcciones a los errores de posición, que transmite a todos los usuarios.

La principal desventaja de este método consiste en que el usuario debe obtener los datos de la misma constelación de satélites que emplea la estación de referencia. Para ello es necesario un ‘pseudosatélite’ que es una estación terrestre que consta de un equipo transmisor y un equipo receptor, que se encuentra en una posición conocida y fija.

La estación recibe las señales de todos los satélites visibles y calcula las distancias aparentes a los que éstos se encuentran. A continuación obtiene unas correcciones a las distancias medidas y las transmite a la frecuencia L1, como si fuera un satélite más.

Por tanto, un sistema "pseudosatélite" transmite una señal compatible con las de los satélites y esto supone una gran ventaja respecto a los demás sistemas del DGPS, que transmiten a distintas frecuencias. Con este tipo de sistemas el receptor no requiere un canal extra para adquirir las correcciones.

La desventaja de transmitir a la frecuencia L1 es que se consigue una cobertura máxima de aproximadamente 80 Km, debido a que se trata de una frecuencia muy elevada. Además hay que tener en cuenta que el equipo receptor ha de poseer un rango dinámico muy grande para poder trabajar con señales de niveles de potencia muy diferentes, ya que las señales de los "pseudosatélites" tienen, en general, mucho más nivel de potencia que las señales recibidas de los satélites.



3.1.8 Receptores GPS

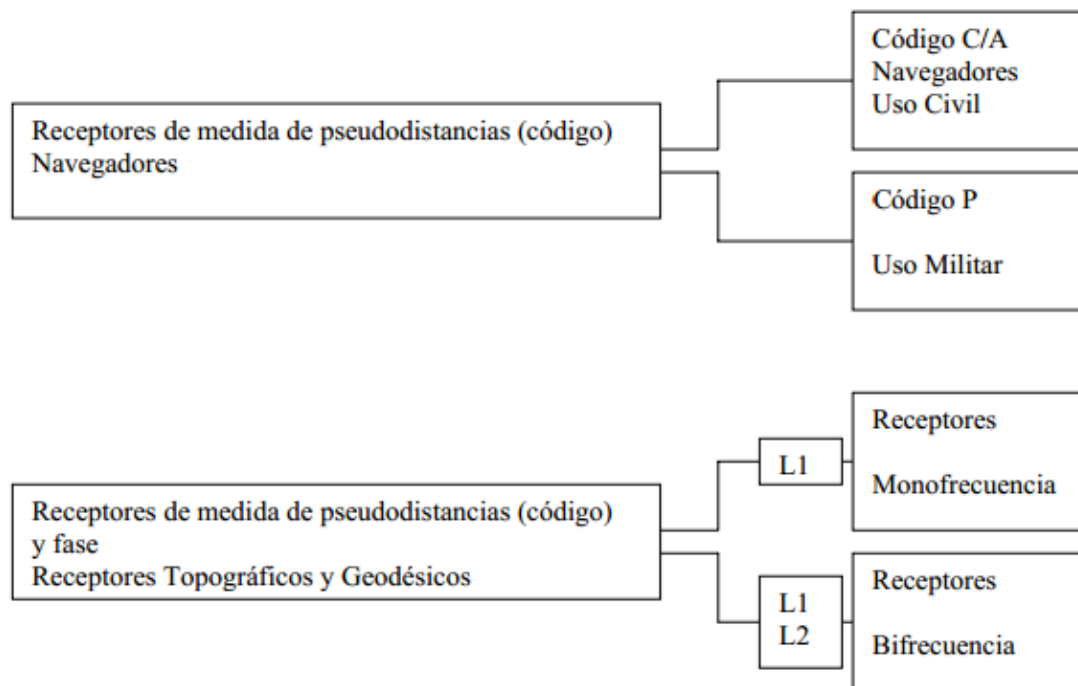
- CLASIFICACIÓN
- DESCRIPCIÓN DEL RECEPTOR

3.1.8.1 CLASIFICACIÓN

Si los clasificamos en función del observable que emplean para determinar la posición del punto distinguimos entre receptores de medida de pseudodistancias (código), que son los navegadores, y los receptores de medida de pseudodistancias y fase (receptores topográficos y geodésicos).

Los receptores también se pueden clasificar en receptores que registran la frecuencia L1 (código C/A), o bien registran conjuntamente las frecuencias L1 y L2 (receptores bifrecuencia).

Un esquema general sería el siguiente:



3.1.8.2 DESCRIPCIÓN DEL RECEPTOR

Los equipos que se utilizan de las aplicaciones topográficas y geodésicas constan de los siguientes elementos:

- ANTENA GPS: Recibe y amplifica la señal recibida de los satélites.
- RECEPTOR GPS: Ordenador que decodifica la señal recibida por la antena y registra las observaciones
- TERMINAL: Es un interface de usuario que permite conocer el estado de la recepción, proceso de cálculo, y llevar a cabo la edición de los datos del receptor.

La antena es el elemento al cual viene siempre referido nuestro posicionamiento, está conectada a través de un preamplificador al receptor, directamente o mediante cable. La misión de la antena es la de convertir la energía electromagnética que recibe en corriente eléctrica que a su vez pasa al receptor.

El receptor GPS consta de una serie de elementos que se encargan de la recepción de las radiofrecuencias enviadas por los satélites. Además suelen poseer diferentes canales para seguir simultáneamente a varios satélites, un procesador interno con su correspondiente soporte lógico, una unidad de memoria para el almacenamiento de la información, teclado de control, pantalla de comunicación con el usuario, diferentes conectores para funciones varias y una fuente de alimentación interna o externa.

Por último, también se emplean trípodes, cables especiales, equipos de control meteorológico y diverso material auxiliar.

Una vez estacionados en el punto requerido y con el equipo completo en funcionamiento, el receptor puede ofrecer al operador, a través de la pantalla y con ayuda del teclado, una gran cantidad de información sobre la observación que estamos realizando:

- Satélites en seguimiento.
- Acimut de cada satélite en seguimiento.

- Elevación de cada satélite en seguimiento.
- Nuestra posición aproximada actual (longitud, latitud y altitud).
- Dirección y velocidad del movimiento, para navegación.
- Bondad de la geometría de observación.
- Bondad de la medida que puede hacerse sobre cada satélite.
- Edad o antigüedad de la información ofrecida.
- Progreso de la observación: satélites que se pierden y captan, y número de observaciones realizadas a cada uno.
- Nombre y número de la sesión que damos a la estación de observación, así como la identificación del operador y notas varias.
- Registros meteorológicos y datos locales introducidos.
- Estado de la fuente de alimentación.
- Otra información adicional



Es fundamental la elección del equipo adecuado en función de las necesidades del trabajo y del presupuesto.

Existen dos grandes grupos: los que conmutan secuencialmente de uno a otro satélite y los que pueden seguir simultáneamente a cuatro o más satélites.

3.1.8.3 RECEPTORES SECUENCIALES

Emplean un solo canal que desplazan de un satélite al siguiente para reunir sus datos. Su ventaja principal es que tienen menos circuitos, por lo que son más económicos y consumen menos energía. Sus desventajas son que el seguimiento secuencial interrumpe el posicionamiento, puesto que en un mismo instante solo puede seguir un satélite, lo que limita su precisión general; además, son más sensibles a las imprecisiones del reloj.

3.1.8.4 RECEPTORES CONTINUOS

Pueden controlar simultáneamente cuatro o más satélites, dando instantáneamente los valores de posición y velocidad. Se utilizan en aplicaciones dinámicas o de gran precisión (topografía y geodesia). Incorporan un número variable de canales, generalmente entre 4 y 12. Estos receptores pueden estar conectados directamente a un ordenador personal, a un teclado de control que descargará posteriormente los datos recogido para realizar los cálculos posteriores.

Su ventaja es la capacidad de medición continua de una posición y la obtención de mínimos valores de DOP. La desventaja es su tamaño, coste y consumo de energía.

3.1.9 Métodos y aplicaciones de posicionamiento GPS

Existen distintos criterios a la hora de clasificar los métodos de observación o posicionamiento GPS. Se pueden clasificar según distintos factores:

3.1.9.1 Criterios de clasificación

3.1.9.1.1 Según el Sistema de Referencia:

1. Absoluto

Se calcula la posición de un punto utilizando las medidas de pseudodistancias por código (C/A, L2C o P) con un solo receptor. La precisión del método está en menos de 10 metros (función del código utilizado).

2. Relativo o Diferencial

Es necesario observar al menos con dos equipos simultáneamente. Las mediciones se pueden hacer por código o por fase. Se determina la distancia o incremento de coordenadas entre las antenas de los receptores (diferencia de posición entre ellos). A este método se le suele denominar diferencial. La gran ventaja de este método radica en que los errores de posicionamiento, muy similares en ambos puntos, son eliminados en su mayor parte.

3.1.9.1.2 Según el Movimiento del Receptor:

1. Estático

Se determina un único trío de coordenadas (X, Y, Z) directamente o (ΔX , ΔY , ΔZ) si el posicionamiento es diferencial, de una antena a partir de una serie de observaciones realizadas durante un periodo de tiempo en el que no se sufren desplazamientos superiores a la precisión del sistema. Existe redundancia en la observación.

2. Cinemático

Se determina el conjunto de coordenadas (X, Y, Z) directamente o (ΔX , ΔY , ΔZ) si el posicionamiento es diferencial, en función del tiempo y la situación de la antena, la cual estará en movimientos superiores a la precisión del sistema. No hay redundancia en las coordenadas del punto determinado, por tanto, se obtiene sin redundancia las coordenadas de un punto a partir de una muestra única de datos o época.

3.1.9.1.3 Según el Observable Utilizado:

1. Medida de código

Se determina a partir de pseudodistancias entre el satélite y el receptor mediante la utilización del código de la portadora. Se puede medir el código C/A (accesible para cualquier usuario) y L2C, o el código P (más preciso, pero normalmente encriptado).

2. Medida de fase de la portadora

Se utiliza la fase de la portadora para realizar la medida de la pseudodistancia. Requiere trabajar en modo diferencial o relativo.

3.1.9.1.4 Según el Momento de la Obtención de Coordenadas:

1. Tiempo Real (Real Time – RT)

Las coordenadas del receptor, móvil o estático, se obtienen en tiempo real, es decir, en el momento de la observación. La precisión es función del observable utilizado (código o fase) y del método utilizado, absoluto o relativo.

2. Postproceso

Las coordenadas del receptor, móvil o estático, son obtenidas en postproceso, es decir, una vez finalizada la observación se calculan las posiciones en gabinete (lo que permite trabajar con efemérides más precisas). Este método se suele utilizar para posicionamiento estático relativo. En el caso de posicionamiento estático relativo con medida de fase se obtienen soluciones más precisas que en tiempo real.

A partir de la combinación de estos métodos puros surgirán los distintos métodos de observación propiamente dichos:

- Estático Absoluto (pseudodistancias).
- Cinemático Absoluto (pseudodistancias).
- Estático Relativo (pseudodistancia y fase).
 1. Estándar
 2. Rápido
- Cinemático relativo (pseudodistancia y fase)
 1. Cinemático (postproceso).
 2. RTK (fase, tiempo real, Real Time Kinematic).
 3. RT-DGPS (código, Real Time Diferencial GPS)

Para el caso de la topografía y geodesia todas las medidas GPS utilizarán el modo diferencial o relativo. Es decir, se mide una línea base (o base línea), desde un punto fijo (estación de referencia con coordenadas conocidas) a un punto desconocido (móvil o “rover”).

A continuación se explican los principales métodos de posicionamiento GPS aplicados en Topografía y Geodesia. Estos métodos utilizan la medida de fase para la determinación de la línea base entre el receptor fijo y el receptor móvil:

3.1.9.2 Métodos de posicionamiento

3.1.9.2.1 Método Estático Relativo Estándar

Se trata del clásico posicionamiento para la medida de distancias con gran precisión (5mm + 1ppm) en el que dos o más receptores se estacionan y observan durante un periodo mínimo de media hora, una o dos (o más), según la redundancia y precisión necesarias, y en función de la configuración de la constelación local y distancia a observar. Los resultados obtenidos pueden alcanzar precisiones muy altas, teóricamente hasta niveles milimétricos. Este método es el empleado para medir distancias mayores de 20 kilómetros con toda precisión.

Las aplicaciones de este método son:

- Redes geodésicas de cobertura a grandes áreas.
- Redes nacionales y continentales.
- Seguimientos de movimientos tectónicos.
- Redes de gran precisión.

3.1.9.2.2 Método Estático Relativo Rápido

Es una variante del Método Estático Relativo Estándar. De esta forma se reducen los periodos de observación hasta 5 o 10 minutos por estación, manteniendo los mismos ordenes de precisión que para el método Estático (5mm-10mm + 1ppm).

Utiliza un algoritmo para la resolución estadística de las ambigüedades (en los equipos de la casa Leica, este algoritmo de resolución rápida de ambigüedades se denomina FARA), que permite la disminución de los tiempos de observación, por el contrario, tiene la limitación en las distancias a observar, menores de 20 kilómetros. El método destaca por su rapidez, sencillez y eficacia.

Las aplicaciones de este método son:

- Redes topográficas locales.
- Redes de control.
- Apoyo fotogramétrico.

3.1.9.2.3 Método Cinemático Relativo

El receptor de referencia estará en modo estático en un punto de coordenadas conocidas, mientras el receptor móvil (ROVER), deberá ser inicializado para resolver la ambigüedad, de una de las siguientes formas: mediante una observación en estático (rápido) o bien, partiendo de un punto con coordenadas conocidas. Las épocas o intervalos de cadencia de toma de datos será función del objetivo de trabajo (velocidad del movimiento, cantidad de puntos a levantar...).

Existen mayores restricciones en la observación, ya que no puede haber pérdida de la ambigüedad calculada inicialmente. Si la hubiera tendríamos que volver a inicializar el receptor móvil.

Existe una variante de este método denominado STOP&GO. En este caso existe un número determinado de puntos a levantar, en los cuales realizaremos una parada durante unas épocas, almacenaremos la información del punto y seguiremos sin perder la señal de los satélites, hacia

el siguiente punto a levantar. Este método ha quedado obsoleto en la actualidad debido a la aparición del RTK.

3.1.9.2.4 Real Time Kinematic (RTK)- GPS en Tiempo Real

Consiste en la obtención de coordenadas en tiempo real con precisión centimétrica (1 ó 2 cm + 1ppm). Usualmente se aplica este método a posicionamientos cinemáticos, aunque también permite posicionamientos estáticos. Es un método diferencial o relativo. El receptor fijo o referencia estará en modo estático en un punto de coordenadas conocidas, mientras el receptor móvil o "rover", es el receptor en movimiento del cual se determinarán las coordenadas en tiempo real (teniendo la opción de hacerlo en el sistema de referencia local). Precisa de transmisión por algún sistema de telecomunicaciones (vía radio-modem, GSM, GPRS, por satélite u otros) entre REFERENCIA y ROVER. Esta sería una restricción en la utilización de este método (dependencia del alcance de la transmisión). Sus aplicaciones son muchas en el mundo de la topografía, y van desde levantamientos, hasta replanteos en tiempo real, fundamentalmente.

3.1.9.2.5 Real Time Diferencial GPS (RTDGPS)

Consiste en la obtención de coordenadas en tiempo real con precisión métrica o submétrica. Es un método diferencial o relativo. El receptor fijo o referencia estará en modo estático en un punto de coordenadas conocidas, mientras el receptor móvil o Rover, es el receptor en movimiento del cual se determinarán las coordenadas en tiempo real (teniendo la opción de hacerlo en el sistema de referencia local). Se trabaja con el código, es decir con la medida de pseudodistancias. En el receptor móvil se realiza una corrección a las pseudodistancias calculadas, mediante los parámetros de corrección que envía el receptor de referencia. Precisa de transmisión por algún sistema de telecomunicaciones entre REFERENCIA y ROVER. Este sería una restricción en la utilización de este método (dependencia del alcance del sistema de transmisión de telecomunicaciones utilizado). Mejora el posicionamiento absoluto por código. Este método se aplica fundamentalmente en navegación. En el caso de topografía y cartografía se usa en levantamientos a pequeña escala, GIS, actualizaciones cartográficas de pequeña escala, etc.

3.1.10 Estaciones permanentes

Las Estaciones GPS permanentes han cambiado la modalidad de posicionamiento, tanto en el ámbito geodésico como en el topográfico. Sin ellas, a georreferenciación de una parcela requiere la utilización de dos receptores GPS, uno ubicado en un punto de apoyo y el otro en el vértice cuyas coordenadas se desea determinar. Además, si la distancia entre ambos puntos excede de algunas decenas de Kilómetros, se requiere el uso de receptores GPS de doble frecuencia, para corregir el error ionosférico. La red de estaciones GPS permanentes permite georreferenciar la parcela utilizando un solo receptor ubicado en el vértice de la misma y empleando la estación permanente más cercana como punto de apoyo. Las correcciones ionosféricas generadas por la red harán posible que muchas aplicaciones prácticas puedan ejecutarse con un solo receptor GPS de simple frecuencia. Gracias a ello los profesionales podrán acceder a tecnología GPS con una inversión en equipamiento mucho menos de la que se requiere actualmente. El rendimiento de los trabajos de campo también será mejor, porque no

será necesario ocupar un punto de control y todo el esfuerzo se dedicará a medir en los puntos de interés.

El beneficio más importante para los catastros es que la información que se genera estará georreferenciada en un sistema de coordenadas legal y homogéneo para todo el país. Este beneficio allanará el camino hacia el desarrollo de una infraestructura nacional de datos especiales.

Las redes de estaciones GPS permanentes constituyentes en el futuro de las redes de control geodésico. Como ejemplo pueden citarse las redes existentes en los Estados Unidos de América (COD, Continuously Operating Reference Station), en Europa (EPN, EUREF Permanent Network). Los receptores GPS son cada vez más accesibles y técnicamente más precisos, debido a los avances tecnológicos, a la permanente actualización de la constelación de satélites y a las nuevas técnicas de procesamiento de la información. La utilización de esta tecnología y la complementación de las redes geodésicas clásicas con redes de estaciones GPS permanentes, es una tendencia mundial de la que nuestro país no debe quedar al margen.

3.1.10.1 Componentes fundamentales de una red de estaciones GPS permanentes

- La primera la constituyen las estaciones GPS permanentes funcionando en forma autónoma. Esta componente es el pilar fundamental de la red, pues cumple con la misión de recolectar las observaciones GPS de las que se nutre el resto de la red.
- La segunda componente la constituyen todas las estaciones permanentes comunicadas con un centro de coordinación y almacenamiento. Su finalidad es la de coordinar el funcionamiento de la red y concentrar las mediciones realizadas por todas las estaciones en un único servidor, donde se las pone a disposición de los usuarios, siendo este el primer producto tangible de la red.
- La tercera componente tiene la misión de procesar las observaciones de la red en uno o varios centros de cálculo, para obtener coordenadas de las estaciones, correcciones ionosféricas para receptores GPS de simple frecuencia y otros productos útiles para la comunidad profesional y científica.

3.1.10.2 Elementos básicos para instalar una estación permanente

- Un receptor y una antena GPS geodésicos.
- Una PC para almacenar y administrar la información.
- Programas de automatización.
- Fuente ininterrumpible de energía (UPS).

Aunque una estación permanente puede funcionar con un alto grado de automatización, nunca es posible prescindir totalmente de personal técnico entrenado que realice controles rutinarios, resuelva problemas imprevistos, atienda a las tareas de mantenimiento programadas, etc.

3.1.10.3 Requisitos para la colocación de una estación permanente

- Horizonte despejado para permitir la recepción de los satélites con ángulo bajo de elevación.
- No se deben dejar objetos cerca de la antena que puedan con las señales GPS.
- El terreno debe ser geológicamente adecuado.
- La antena debe estar montada sobre una estructura rígida y perdurable.

Dos aspectos de gran importancia práctica son:

1. La operación rutinaria de la estación se simplifica si el receptor está instalado en el mismo lugar donde trabaja el personal que la atiende, de manera que éstos no están obligados a trasladarse para realizar los controles rutinarios.
2. Si la estación se halla lejos de los centros que concentran la actividad económica de la región su impacto socioeconómico es mucho menor.

Estaciones permanentes a nivel nacional:



3.1.11 Estaciones permanentes utilizadas en el proyecto

3.1.11.1 REGAM

Una de las funciones del Servicio de Cartografía es la densificación de las grandes Redes de carácter nacional, al objeto de constituir redes de orden inferior de carácter autonómico que, basadas en aquellas, acerquen y faciliten al usuario esa infraestructura topográfico-geodésica tan necesaria.

La REGAM constituye una Red Geodésica Activa, que por recoger las correcciones diferenciales de sus siete estaciones, realiza un modelado preciso dentro del ámbito de la Región de Murcia y aplica correcciones a un punto ponderando su posición dentro del modelo.

La REGAM utiliza conjuntamente satélites de la constelación americana NAVSTAR-GPS y rusa GLONASS, lo que supone alcanzar la cifra de 43 satélites orbitando, que garantizan la permanencia sobre el horizonte durante las 24 horas de 9 satélites observables.

El propósito es dar cobertura a la comunidad de usuarios en cuestión de datos brutos disponibles en WEB/FTP y correcciones diferenciales RTCM (correcciones estándar) mediante GPRS/UMTS e IP (internet) con objeto de alcanzar una gran precisión en el posicionamiento.

REGAM - Catálogo de productos

Catálogo de productos.

Acceso a correcciones en Postproceso

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 todas las observables seguidas.

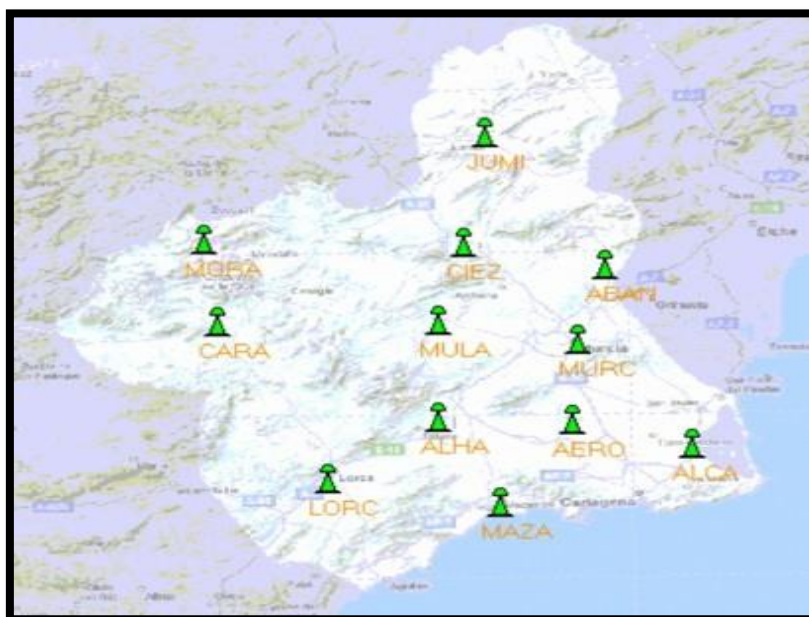
Descarga de ficheros rinex para cálculo en posproceso

- Rinex a 1 segundo
- Rinex a 5 segundos
- Rinex a 30 segundos

Acceso en Tiempo real:

- Conexión a la red GNSS a través de Internet

La distribución de las estaciones en la Región de Murcia es a siguiente:



MURCIA
 MULA
 ALCAZARES
 MAZARRÓN
 ALHAMA
 LORCA
 CARAVACA
 MORATALLA
 JUMILLA
 ABANILLA
 AERO CORVERA
 CIEZA

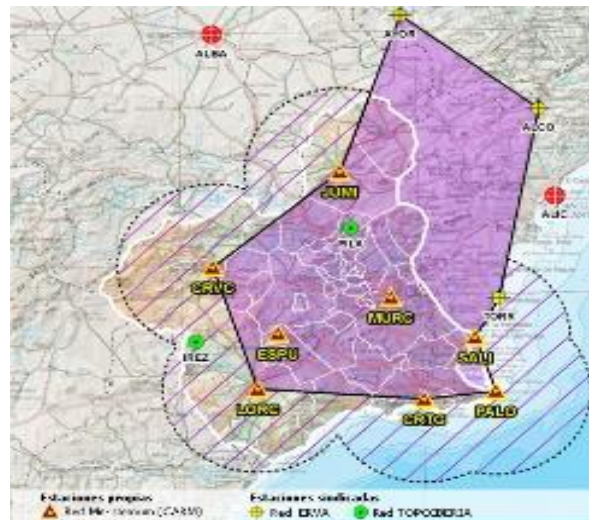
3.1.11.2 MERISTEMUM

Es una red posicionamiento para la región de Murcia, que esta operativa desde 2006. La Red se compone actualmente de un total de 8 estaciones iguales, modelo NerR83 de la marca Trimble, y con antena Zephyr Geodetic 2.

Los receptores están montados en armarios rack, alimentados con SAI y comunicados mediante un router ADSL.

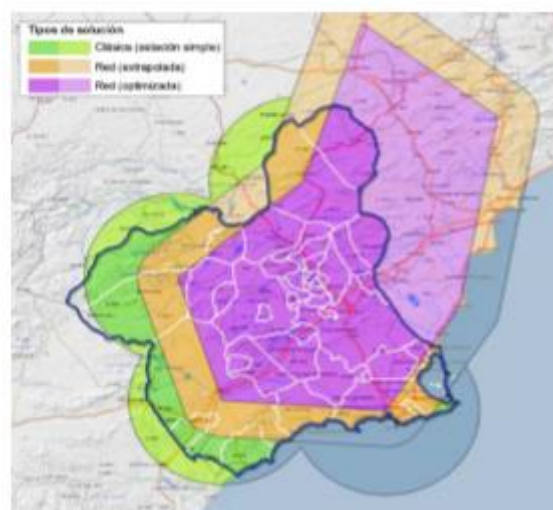
Las estaciones que componen la red son las siguientes:

- Murcia, Plaza Juan XXIII
- Lorca, Oficina Comarcal Medio Natural
- Caravaca, Casa Forestal
- Jumilla, Protección Civil
- San Pedro, Parque Regional Salinas
- Totana, Parque Regional Sierra Espuña
- Cabo de Palos, Reserva marina
- Cartagena, Universidad Politécnica



Todos los datos que reciben los receptores se envían al centro de procesamiento y cálculo, donde el software RTKnet resuelve ambigüedades y calcula un modelo de correcciones, ofreciendo entonces las distintas Soluciones de la Red.

El siguiente esquema ilustra el mapa de las soluciones de Red. Según el tipo de solución se puede obtener un grado de precisión y exactitud distinto.



3.2 Elección de los puntos

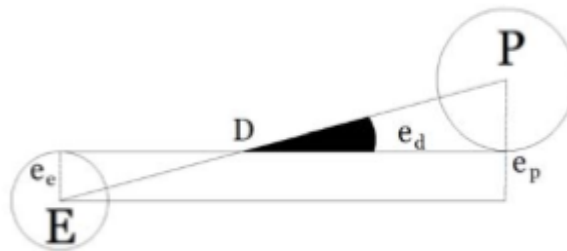
Seleccionamos once puntos representativos repartidos por los diferentes edificios que integran la UPCT. La distribución se realizará en Alfonso XIII, Rectorado, Campus Muralla del Mar, y Facultad de Ciencias de la Empresa. A continuación se adjunta una imagen:



3.2.1 Criterios generales adoptados para la elección de los puntos

- Que sean representativos y que relacionen los distintos espacios de la UPCT. Ser perdurables en el tiempo: Se ha tenido en cuenta el estado del pavimento, prefiriendo zonas recién reformadas para impedir que posibles obras futuras puedan hacerlos desaparecer. Se han evitado las zonas con un acabado inapropiado, por ejemplo, con adoquines, por su fácil movilidad.
- Estar lo suficientemente alejados de edificios, árboles y todo tipo de obstáculos que nos hicieran imposible la medición con GPS, ya que necesita una amplia visión del cielo para captar el mayor número de satélites posible. Como mínimo debe poderse recibir la señal de cuatro satélites.
- Ser visibles entre si dos a dos, para la posible posterior utilización de métodos clásicos o convencionales, ya que en topografía clásica se necesita disponer de dos puntos con coordenadas conocidas, uno para estacionar y otro para lanzar una visual que permita orientar el instrumento utilizado.

- Estar a una distancia relativamente elevada entre las parejas de puntos con el fin de que los errores esperables en cualquier trabajo topográfico posterior que se apoye en ellos sean lo más bajos posibles. Al error cometido en la determinación de los puntos se une el error de dirección que, en distancias cortas, es el error angular que suele tomar mayores valores. Éste concepto se entiende mejor con la siguiente imagen:



- En la medida de lo posible elegir puntos ya establecidos en trabajos topográficos por compañeros de las distintas escuelas, por si se quisieran ampliar éstos o comparar resultados obtenidos con distinto instrumental y técnica.

3.2.2 Nomenclatura utilizada para cada uno de los puntos

Alfonso XIII	➔	A
Rectorado	➔	R
Campus Muralla del Mar	➔	I
Facultad de Ciencias de la Empresa	➔	CIM

Cumpliendo con uno de los criterios generales expuestos anteriormente, todos los puntos seleccionados ya fueron establecidos anteriormente por otros compañeros. De esta forma podremos comparar los resultados obtenidos.

3.2.3 Criterios particulares utilizados para cada uno de los puntos

- Alfonso XIII

En el campus Alfonso XIII se tomaron cinco puntos, ya que en este espacio es donde se encuentran las escuelas que más se adentran en el campo de la topografía.



Puntos del Campus Alfonso XIII

Punto A-1:

Al igual que con AXIII-5, una de las razones de mayor peso para la elección de este punto, fue que se encontraba en uno de los extremos del campus, en este caso en el extremo noroeste.





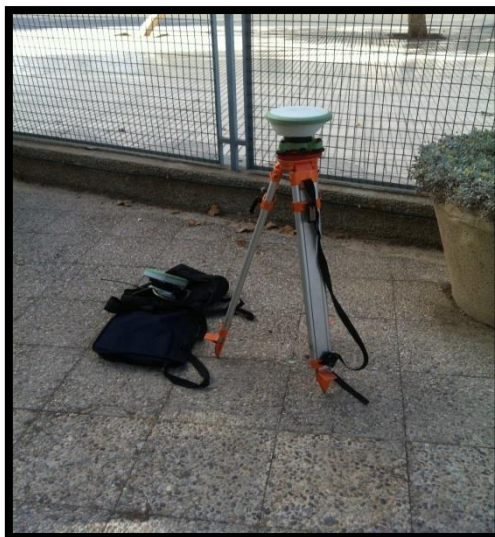
Punto A-2:

El principal requisito para la elección del punto AXIII-2 fue que tuviese la menor cantidad de obstáculos posible, ya que en esa zona el tamaño y cercanía de los edificios pueden interferir y no permitir captar un número de satélites aceptable. Dicho de otra forma, seleccionamos el punto con mayor visibilidad del celeste.



Punto A-3:

Este punto como los anteriores, ya había sido establecido por compañeros anteriormente, y como el punto anterior, debía guardar visibilidad con el punto AXIII-1. En este punto al no tener edificios relativamente cerca, este requisito no fue de tanta importancia.



Punto A-4:

El punto cuatro de Alfonso XIII se tomó por error, al no dar a la primera con el clavo buscado, que luego más adelante si se tomaría (AXIII-3), no obstante, aunque este muy cerca del punto tres y no tenga mucha relevancia, es tan válido como el resto.



LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS



Punto A-5:

AXII-5 junto a AXIII-1 representa la mayor longitud del campus Alfonso XIII, una de las características por la que se seleccionaron. En este caso el punto AXIII-5 estaría situado al noreste del campus. En esta zona si había edificios relativamente cerca, pero a priori no lo suficiente como para interferir la señal.



LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS

- Rectorado

Punto R-2:

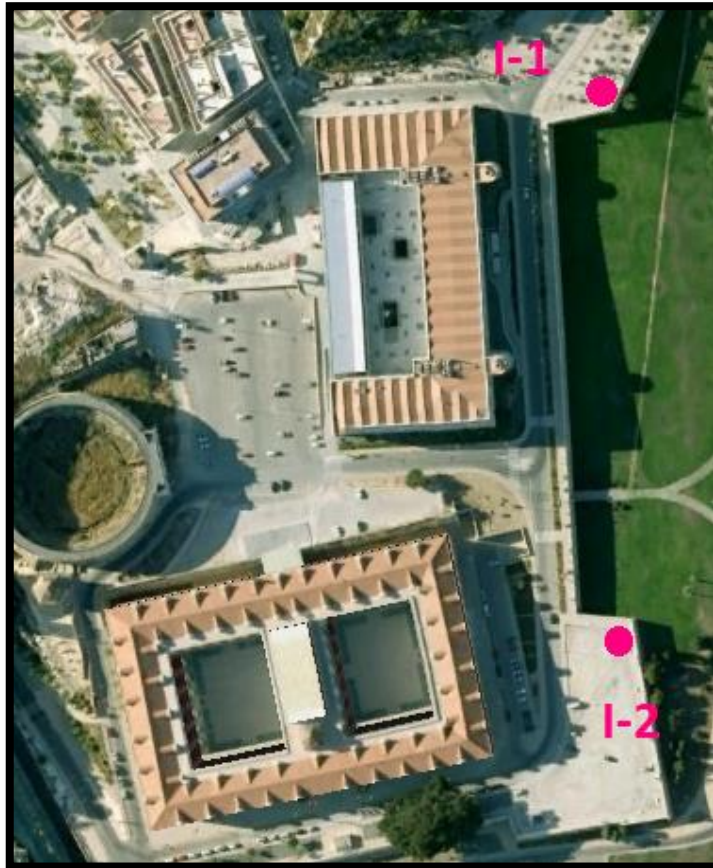
Este punto está situado en la entrada principal del rectorado, ya que lo que se pretende es representar cada uno de los edificios seleccionados de la UPCT. Este punto al igual que los anteriores ya había sido establecido.



- Campus Muralla del Mar

Punto I-1 e I-2:

Estos puntos están situados en la acera que rodea la antigua muralla, aunque en un principio se pensó en la zona de la plaza de toros, pero su mal estado y su futura reestructuración impidieron colocarlos en dicha zona.



- Facultad de Ciencias de la Empresa

Puntos CIM-1 y CIM-2:

Sus siglas corresponden con el antiguo Cuartel de Marina. Ambos puntos fueron establecidos por compañeros anteriormente, y cumplían con los requisitos de estar a una distancia razonable uno del otro y no tener obstáculos cerca.



3.2.4 Señalización empleada en la ubicación de los puntos

Todos los puntos fueron señalados con un Geopunto de acero superresistente de 5 centímetros colocado en la posición exacta y con el contorno resaltado con spray para facilitar su localización. Dicho spray fue omitido en el caso de los puntos situados en la Facultad de Ciencias de la Empresa, para no perjudicar la estética del entorno recién remodelado.



Imagen de la señalización de un punto

En la facultad de ciencias de la empresa:

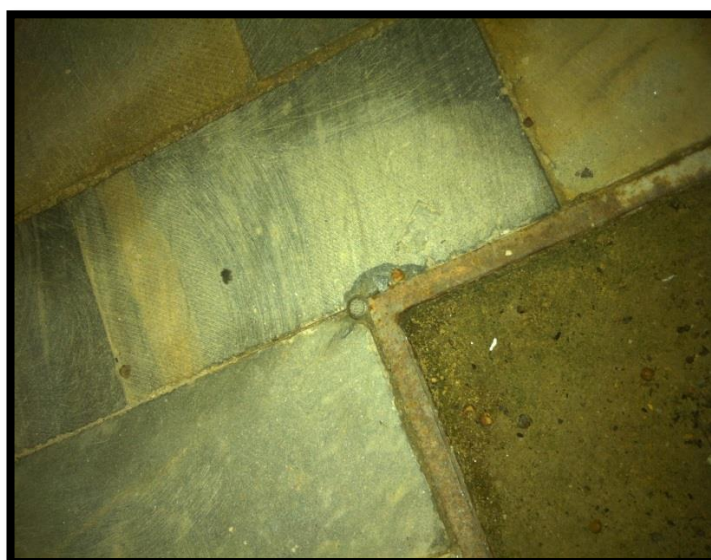


Imagen de un clavo sin señalar

3.3 Medición de los puntos

3.3.1 Elementos principales

- Equipo GPS Leica 1200: Sistema de gran precisión, empleado para medir en RKT cada uno de los puntos. Más adelante se adjunta el catálogo ofrecido por la marca.



- Trípode: El trípode es un aparato de tres patas y parte superior circular o triangular, que permite estabilizar un objeto y evitar el movimiento propio de este.



- Basada:



- Cinta métrica:



3.3.2 Proceso de determinación de los puntos

Una vez determinado el punto que queremos medir, colocamos la basada en el trípode y llevamos a cabo el estacionamiento. A continuación colocamos la antena GPS.

Después de estacionar y colocar la antena, encenderemos esta última y la libreta electrónica.

Una vez en este punto, configuramos la libreta electrónica siguiendo los pasos indicados en la guía para uso de correcciones vía internet en sensores Leica GX1200 adjunta más adelante.

Tras la configuración inicial de la libreta electrónica se continuó con la medida de los puntos. Con ayuda de GPS 1200 simulator se va a explicar el procedimiento.

La primera imagen muestra su aspecto en modo OFF, y tras mantener durante unos segundos pulsado el botón ON, se enciende y aparece en la pantalla el menú principal, como se observa en la segunda.



Imagen 3.3.2 a

Ahora necesitamos una carpeta en la que guardar nuestras mediciones. Para ello en primer lugar pulsamos 'Levantamiento' del menú principal, después lo hacemos en la opción 'Mediciones', la cual nos permite cambiar de carpetas o, como es nuestro caso, crear una nueva. Para ello seleccionamos 'Nuevo' y ponemos el nombre que le queramos dar al archivo.

LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS

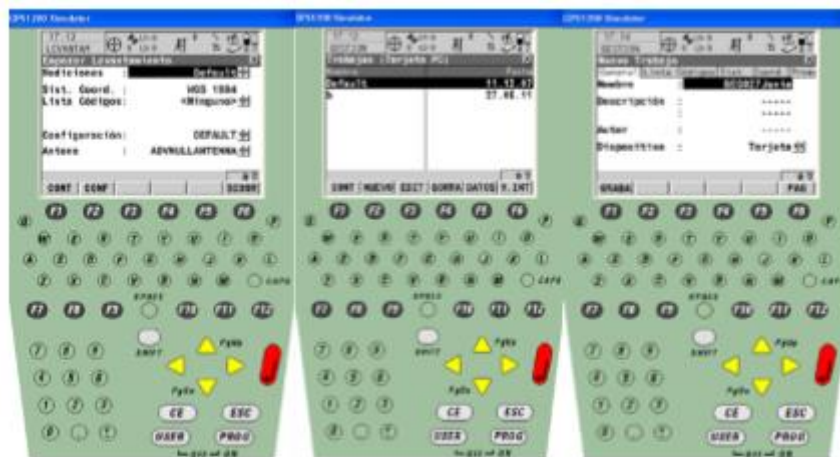


Imagen 3.3.2 b

Una vez creada la carpeta, se selecciona, se pulsa 'CONT' y se rellenan los datos que pide para identificar cada uno de los puntos, como son el nombre y la altura hasta la base de la antena, medida con ayuda de una cinta métrica.

Después se marca 'OCUPA' y se deja midiendo durante 15-20 minutos y al cabo de este tiempo se pulsa 'PARAR' y automáticamente se guardaran las mediciones tomadas. Según el tipo de configuración inicial se puede especificar que grabe automáticamente al marcar 'PARAR' o que después de 'PARAR' esté la opción de 'GRABAR' o de no hacerlo.

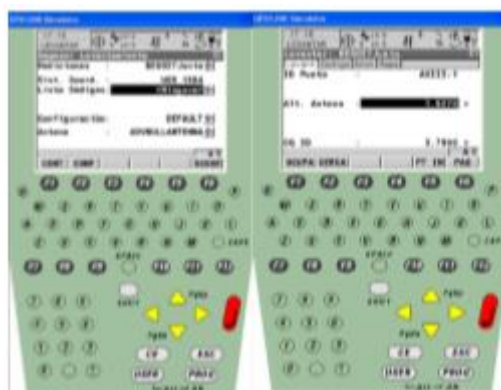


Imagen 3.3.2 c

Hay que tener en cuenta que para una correcta toma de datos se tienen que visualizar suficientes satélites, como mínimo cuatro. Éstos vienen indicados en la parte superior de la libreta, como indica la flecha roja. Si se pincha en su icono se puede observar la altura a la que se encuentra, el azimut y el nombre de cada uno de los satélites. Además se puede examinar el gráfico del cielo, que representa cómo están distribuidos los distintos dispositivos y resalta en un tono más oscuro los que se están visando en ese momento y un poco más claros los que se podrían ver pero hay algún obstáculo que los oculta.

LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS

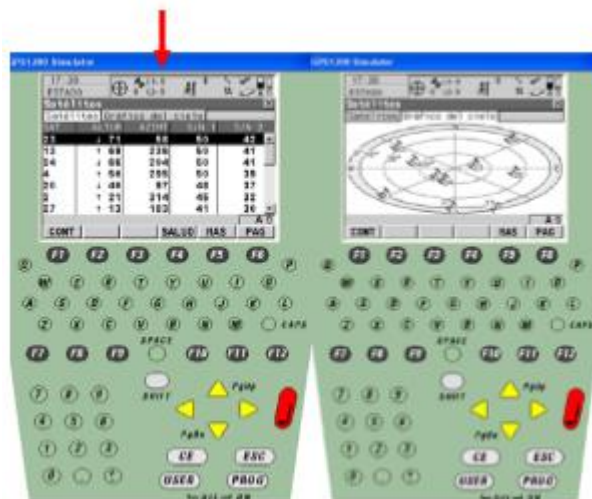


Imagen 3.3.2 d

Para que la edición sea tomada en tiempo real, RKT, es necesario estar conectado a internet. Pulsando el botón `SHIFT` nos dará la opción de `CONECTAR` y cuando el aparato consiga conectarse aparecerá el símbolo @. También aparecerán tres paréntesis en movimiento, a modo de onda, que representaran que se está produciendo intercambio de datos.

Es importante fijarse en la calidad de la toma de datos que está indica en la parte inferior de la pantalla, antes y después de seleccionar la opción `OCUPA`. Está representada por las letras `CQ 3D` la unidad de medida es en metros y su valor debe ser inferior a un metro, a poder ser unos pocos centímetros, para que sea correcta la medición. Esto ocurrirá cuando la visión del cielo no este obstaculizada y se puedan visar más de cuatro satélites.

Una vez hemos medido el punto correctamente, se pulsa el botón `ESC` para salir y para que en la pantalla aparezca el menú principal. Y sólo entonces se pulsa los botones `USER` Y `PROG` simultáneamente para apagar la libreta electrónica.



Imagen 3.3.2 e

Por último apagamos la antena y desmontamos todos los elementos del equipo. Para las siguientes mediciones se siguen los mismos pasos, pero sin crear nuevas carpetas ya que lo que se pretende es tener a todos los puntos recogidos en un mismo archivo, para que su posterior utilización sea más cómoda.

3.3.3 Contratiempos surgidos

-Para la toma de los puntos, en un principio disponíamos de tres equipos GPS, dos equipos de Minas (Minas 1 y Minas 2) y un tercero de Arquide; sin embargo este último al no estar actualizado no lo pudimos utilizar, ya que no captaba un número de satélites suficiente como para realizar las mediciones.

-Otra incidencia fue el agotamiento de las baterías de las antenas, las cuales habían perdido algo de capacidad y no aguantaban más de 3 horas de trabajo. Por ello la importancia de llevar con nosotros baterías de repuesto, para poder cambiar las agotadas y continuar trabajando sin mayor pérdida de tiempo.

-Unos de los puntos del rectorado (R1) situado en la isleta de bastarreche, que un principio estaba previsto ocupar, no pudo ser medido finalmente, ya que el lugar del clavo establecido por compañeros anteriormente, resultaba inaccesible por una estructura hecha en la actualidad

-El primer día que dispusimos para comenzar a realizar las mediciones, el 18 de septiembre de 2014, los puntos situados en el campus Alfonso XIII (A-1, A-2), no pudieron ocuparse adecuadamente debido a que esa mañana los equipos GPS no captaban los suficientes satélites como para poder realizar la medición. Más adelante veremos que podemos conocer la situación de los satélites en el cielo a través de un programa, lo que nos permitirá no caer de nuevo en este tipo de situaciones.

-Los puntos de la facultad de ciencias de la empresa (CIM1 Y CIM 2) fueron medidos dos veces cada uno, por la mañana y por la tarde, pero aun así los errores no se redujeron tanto como en el resto de puntos tomados.

4. PROCESADO DE LOS DATOS OBTENIDOS

4.1 Descarga de los datos crudos

Para descargar los datos medidos en campo con el sistema de GPS 1200 Leica, llamados datos crudos por el software, metemos la tarjeta de memoria de la libreta electrónica en un ordenador que tenga instalado el programa Leica Geo Office y se siguen los siguientes pasos:

- En primer lugar vamos a la carpeta donde hemos guardado nuestras mediciones y hacemos una copia de seguridad para asegurarnos su durabilidad.
- A continuación abrimos el programa Leica Geo Office (LGO), imagen 4.1 a.

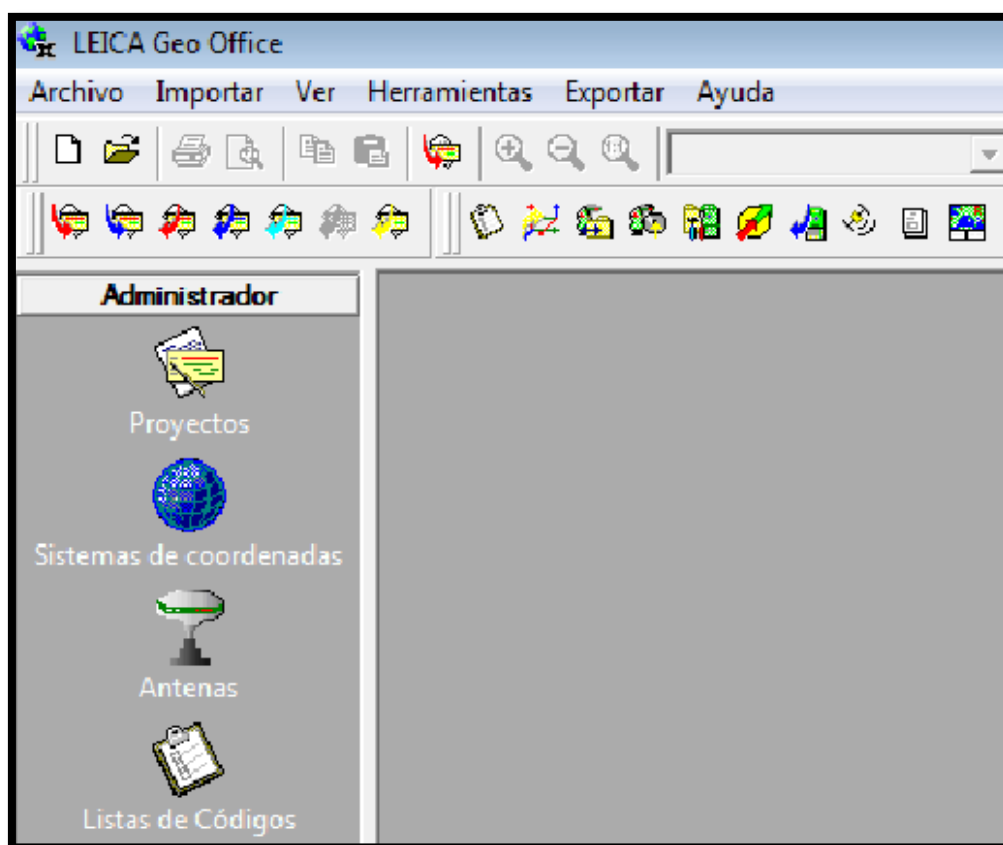


Imagen 4.1 a

LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS

- Creamos un nuevo proyecto en el cual queremos que se inserten los datos, indicando la ubicación de éste.

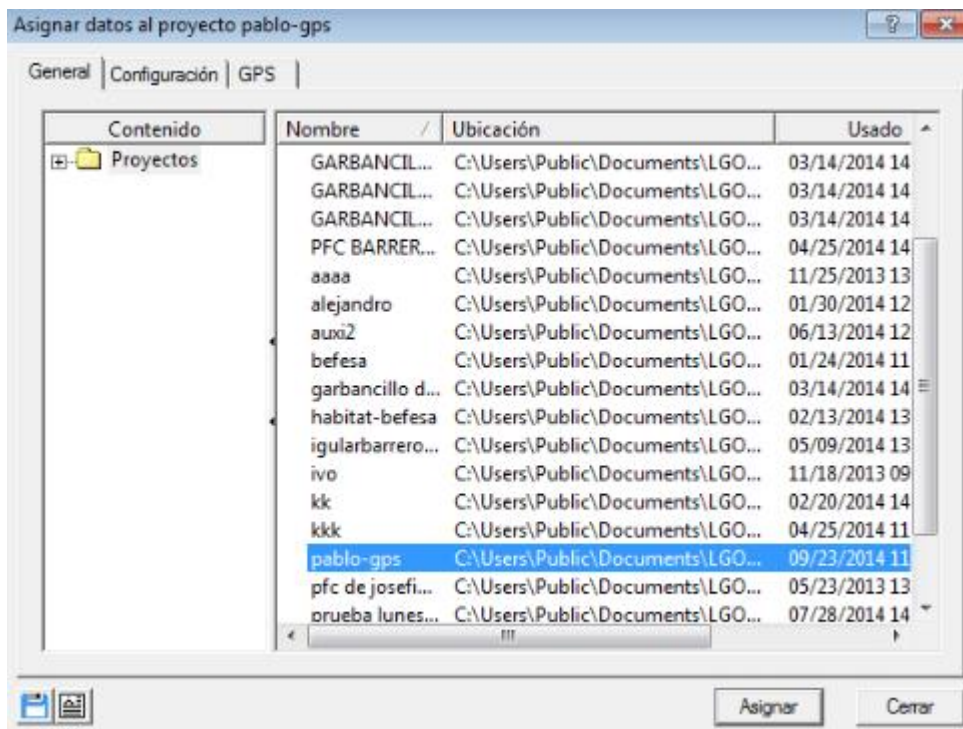


Imagen 4.1 b

- Le asignamos el nombre deseado y ponemos el sistema de coordenadas adecuado, en nuestro caso WGS84UTM30N

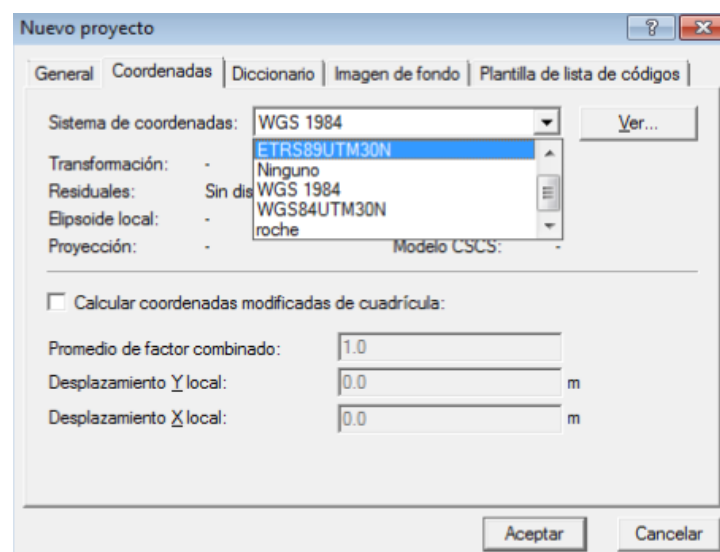


Imagen 4.1 c

LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS

- Una vez aceptado, se nos abre el nuevo proyecto y nos disponemos a insertar las mediciones en el programa.
- Pinchamos primero en la lengüeta `Herramientas` situada a la izquierda de la página, después en `Importar datos crudos` y se abre una ventana para que indiquemos la ruta en la que se encuentra nuestra carpeta con las mediciones.

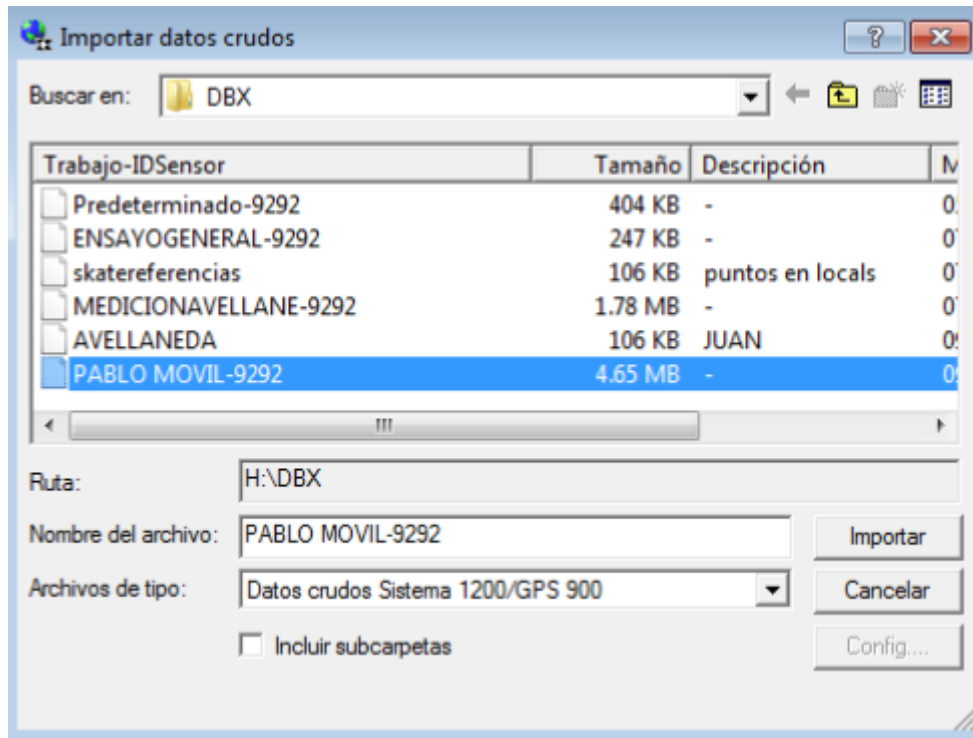


Imagen 4.1 d

- Ubicada la carpeta, seleccionamos los archivos para importarlos. Hay que tener en cuenta la opción de `Tipo de archivo` para que el programa pueda reconocer el formato de nuestro fichero deberemos escoger la alternativa `Datos crudos Sistema 1200GPS 300`.

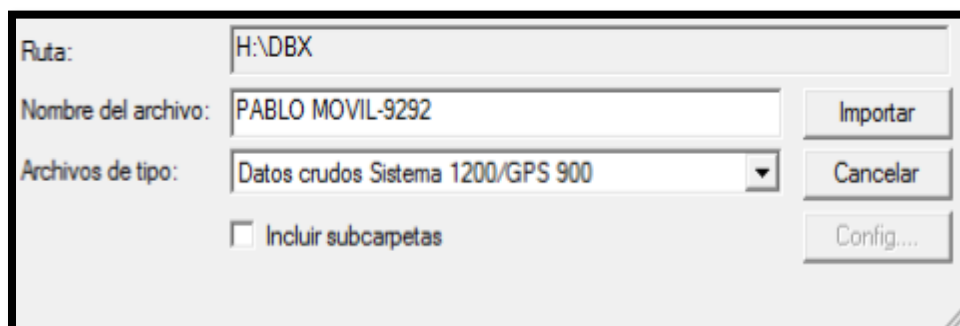


Imagen 4.1 e

LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS

- Después de ser importados, nos aparecen los datos guardados en orden según la fecha en la que se tomaron.

Id de punto	Clase de punto	Fecha/Hora	Latitud	Longitud	Alt. Elip.	Desv. Est. Latitud	Desv. Est. Longitud
<input checked="" type="checkbox"/> RTCM-Ref 0013	Referencia	06/14/2011 11:34:54	37° 43' 50.75381" N	0° 51' 38.88923" W	67.3681	0.0000	0.0000
<input checked="" type="checkbox"/> AXIII-1	Medido	06/14/2011 15:53:23	37° 36' 24.04190" N	0° 58' 52.52224" W	55.5452	0.0097	0.0060
<input checked="" type="checkbox"/> AXIII-2	Promediado	06/14/2011 16:37:20	37° 36' 24.10732" N	0° 58' 46.69460" W	55.4749	0.0102	0.0057
<input checked="" type="checkbox"/> AXIII-3	Medido	06/14/2011 17:21:38	37° 36' 21.65790" N	0° 58' 46.27969" W	72.4287	0.4757	0.2433
<input checked="" type="checkbox"/> REC-1	Medido	06/14/2011 18:18:07	37° 36' 13.96329" N	0° 58' 41.99764" W	65.2974	0.4735	0.3548
<input checked="" type="checkbox"/> REC-2	Medido	06/14/2011 18:18:11	37° 36' 13.93884" N	0° 58' 41.98041" W	65.5108	0.0073	0.0055
<input checked="" type="checkbox"/> CMM-1	Medido	06/14/2011 19:30:21	37° 36' 07.50456" N	0° 58' 39.82067" W	77.1124	0.0963	0.0990
<input checked="" type="checkbox"/> CMM-2	Promediado	06/14/2011 20:22:07	37° 36' 00.42888" N	0° 58' 39.24421" W	60.8556	0.0080	0.0007
<input checked="" type="checkbox"/> 0009	Navegación	06/15/2011 08:35:45	37° 35' 49.46465" N	0° 59' 14.98160" W	54.2770	1.9328	2.2117
<input checked="" type="checkbox"/> 0010	Navegación	06/15/2011 10:08:42	37° 36' 23.00057" N	0° 58' 41.61742" W	68.4249	4.1929	2.5823
<input checked="" type="checkbox"/> 0004	Navegación	06/15/2011 10:29:49	37° 36' 22.23116" N	0° 58' 40.59446" W	59.4258	1.8780	1.4626
<input checked="" type="checkbox"/> AXIII-4	Medido	06/23/2011 11:15:08	37° 36' 22.20780" N	0° 58' 40.63228" W	57.4954	0.0052	0.0052
<input checked="" type="checkbox"/> CIM-1	Medido	06/23/2011 12:05:18	37° 35' 51.97975" N	0° 59' 11.90297" W	51.9330	0.0048	0.0029
<input checked="" type="checkbox"/> CIM-2	Medido	06/23/2011 12:49:30	37° 35' 51.17696" N	0° 59' 16.82808" W	51.9676	0.0050	0.0034

Imagen 4.1 f

- Si pinchamos en la lengüeta interior con el título Proc-GPS nos salen los intervalos de tiempos que hemos medido en cada uno de los puntos y podemos eliminar las medidas que se hicieron por error. Para quedarnos con lo que es el objeto de nuestro proyecto, las mediciones de 20 minutos aproximadamente por punto.

Id de p...	Clase de...	Inicio	Fin	Duración	15	16	17	18	19	20	21	22	23
-	-	06/14/2011 16:15:58	06/14/2011 16:26:42	10' 44"									
AXIII-2	Promedi...	06/14/2011 16:30:27	06/14/2011 16:36:16	05' 49"									
-	-	06/14/2011 16:36:17	06/14/2011 16:36:22	00' 05"									
AXIII-3	Medido	06/14/2011 16:36:23	06/14/2011 16:36:24	00' 01"									
-	-	06/14/2011 16:36:25	06/14/2011 16:37:19	00' 54"									
AXIII-2	Promedi...	06/14/2011 16:37:20	06/14/2011 16:58:47	21' 27"									
-	-	06/14/2011 16:58:48	06/14/2011 17:12:52	14' 04"									
-	-	06/14/2011 17:20:05	06/14/2011 17:21:22	01' 17"									
-	-	06/14/2011 17:21:23	06/14/2011 17:21:37	00' 14"									
AXIII-3	Medido	06/14/2011 17:21:38	06/14/2011 17:43:51	22' 13"									
-	-	06/14/2011 17:43:52	06/14/2011 17:58:11	14' 19"									
-	-	06/14/2011 18:06:08	06/14/2011 18:18:05	11' 57"									
REC-1	Medido	06/14/2011 18:18:06	06/14/2011 18:18:08	00' 02"									
-	-	06/14/2011 18:18:09	06/14/2011 18:18:10	00' 01"									
REC-2	Medido	06/14/2011 18:18:11	06/14/2011 18:40:03	21' 52"									
-	-	06/14/2011 18:40:04	06/14/2011 18:51:23	11' 19"									
REC-2	Medido	06/14/2011 18:51:24	06/14/2011 19:14:51	23' 27"									
-	-	06/14/2011 19:14:52	06/14/2011 19:30:20	15' 28"									
CMM-1	Medido	06/14/2011 19:30:21	06/14/2011 19:51:53	21' 32"									
-	-	06/14/2011 19:51:54	06/14/2011 20:02:52	10' 58"									
CMM-2	Promedi...	06/14/2011 20:02:53	06/14/2011 20:21:06	18' 13"									
-	-	06/14/2011 20:21:07	06/14/2011 20:22:06	00' 59"									
CMM-2	Promedi...	06/14/2011 20:22:07	06/14/2011 20:42:54	20' 47"									
-	-	06/14/2011 20:42:55	06/14/2011 20:43:19	00' 24"									
<input type="checkbox"/>	-	06/23/2011 10:55:58	06/23/2011 11:15:08	19' 10"									
AXIII-4	Medido	06/23/2011 11:15:09	06/23/2011 11:34:48	19' 39"									
<input type="checkbox"/>	-	06/23/2011 11:34:49	06/23/2011 11:35:04	00' 15"									

Imagen 4.1 g

LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS

- Una vez eliminadas la mediciones tomadas por error, pinchamos en la lengüeta Ver/Editar y nos salen representados los puntos medidos enlazados con nuestro punto de referencia.

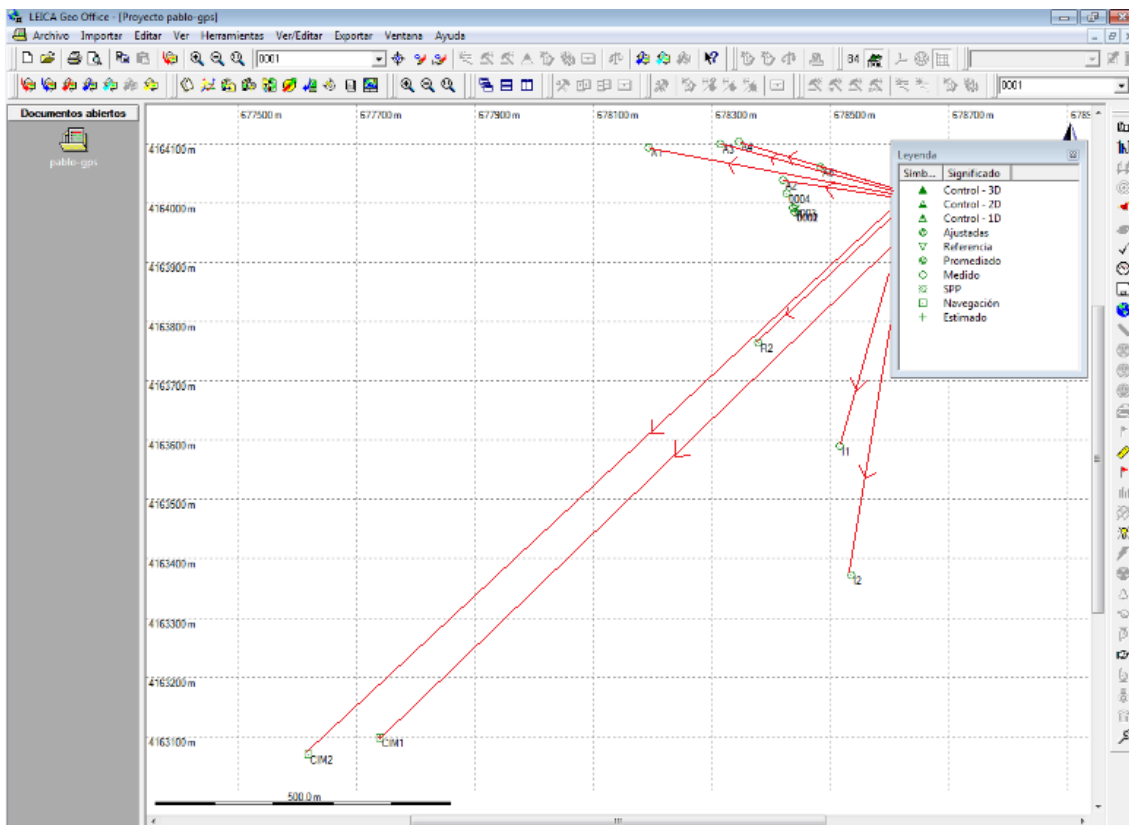


Imagen 4.1 h

4.2 Coordenadas de los puntos en RTK

Habiendo descargado los datos en crudo, pinchamos en la lengüeta de la parte inferior del programa 'Puntos' y nos saldrán las coordenadas en UTM de los puntos medidos en RKT y las desviaciones en cada una de las componentes.

Id de punto	Clase de punto	Fecha/Hora	X local	Y local	Alt. Elip.	Desv. Est. X local
<input checked="" type="checkbox"/> RTCM-Ref 0013	Referencia	06/14/2011 11:34:54	688511.4915	4178097.6261	67.3681	0.0000
<input checked="" type="checkbox"/> AXIII-1	Medido	06/14/2011 15:53:23	678192.2560	4164092.7233	55.5452	0.0060
<input checked="" type="checkbox"/> AXIII-2	Medido	06/14/2011 16:37:20	678335.1196	4164097.8222	55.4527	0.0051
<input checked="" type="checkbox"/> AXIII-3	Medido	06/14/2011 17:21:38	678346.9160	4164022.5356	72.4287	0.2433
<input checked="" type="checkbox"/> REC-1	Medido	06/14/2011 18:18:11	678457.4679	4163786.8824	65.5108	0.0055
<input checked="" type="checkbox"/> REC-2	Medido	06/14/2011 18:51:24	678377.0318	4163763.4920	64.9494	0.0064
<input checked="" type="checkbox"/> CMM-1	Medido	06/14/2011 19:30:21	678514.7035	4163589.7000	77.1124	0.0990
<input checked="" type="checkbox"/> CMM-2	Medido	06/14/2011 20:22:07	678533.5403	4163371.9027	60.8357	0.0043
<input checked="" type="checkbox"/> AXIII-4	Medido	06/23/2011 11:15:08	678485.0365	4164042.4677	57.4954	0.0052
<input checked="" type="checkbox"/> CIM-1	Medido	06/23/2011 12:05:18	677738.2048	4163094.2679	51.9330	0.0029
<input checked="" type="checkbox"/> CIM-2	Medido	06/23/2011 12:49:30	677617.9487	4163066.9338	51.9676	0.0034

Desv. Est. Y local	Desv. Est. Altura	Desv. Est. Altura
0.0000	0.0000	0.0000
0.0097	0.0188	0.0188
0.0102	0.0390	0.0390
0.4757	0.6674	0.6674
0.0073	0.0124	0.0124
0.0327	0.0326	0.0326
0.0963	0.3158	0.3158
0.0076	0.0151	0.0151
0.0052	0.0208	0.0208
0.0048	0.0094	0.0094
0.0050	0.0094	0.0094

Imagen 4.2 a

4.3 Coordenadas de los puntos en post-proceso

El cálculo de las coordenadas de los puntos en post-proceso, tiene unos márgenes de errores estandarizados.

En el caso de nuestro equipo, el GPS 1200 de Leica, hemos extraído estas especificaciones de la ficha técnica que proporciona la marca, la cual hemos podido encontrar en internet sin ningún problema.

A continuación se explica la parte de la ficha técnica correspondiente al post-procesado de los datos; la ficha completa esta adjuntada al final del documento.

PRECISIONES CONSEGUIDAS:

- Cinemático
 - Horizontal: 10 mm + 1 ppm
 - Vertical: 20 mm + 1 ppm
- Estático (ISO 17123-8)
 - Horizontal: 5 mm + 0.5 ppm
 - Vertical: 10 mm + 0.5 ppm

Con una fiabilidad del 99.99% para líneas base de hasta 40 km. Formatos compatibles para la recepción: Leica propietario (Leica, Leica 4G), CMR, CMR+, RTCM V2, 1/2, 2/2, 3/3,0/3,1.

Todos estos parámetros estandarizados siempre pueden verse incrementados, al tomar medidas erróneas por motivos ajenos al funcionamiento del equipo.

4.3.1 Forma de operar con el LGO

A continuación se procede a la explicación de los pasos seguidos para conseguir un post-procesado de los puntos con LGO.

Una vez obtenidas las coordenadas en RTK se procede a importar las mediciones realizadas por las estaciones permanentes de la red MERISTEMUM en los mismos intervalos de tiempo en los que realizamos nuestras medidas.

Para ello entraremos en la página web <http://gps.medioambiente.carm.es/> y se abrirá la siguiente ventana, en la que debemos pinchar en Estacion de referencia (CORS)

LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS



Imagen 4.3.1 a

Al pinchar nos llevará a la siguiente página, donde aparecen todas a las estaciones permanentes de las que dispone esta red. Nosotros haremos uso de los datos de las estaciones más próximas a nuestra zona, como es el caso de 'Cabo' estación situada en Cabo de Palos, CRTGUP, situada en Cartagena, concretamente en una de las terrazas del campus Alfonso XIII (la del edificio de arquide), y SALI que está emplazada en Salinas.

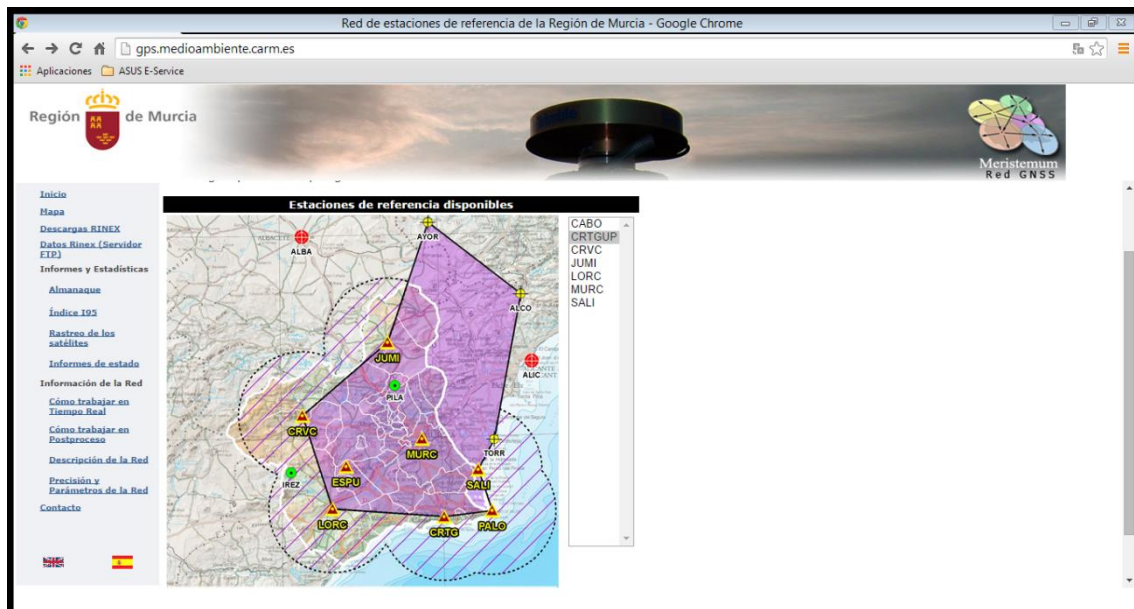


Imagen 4.3.1 b

Después nos disponemos a descargar los RINEX de cada una de las estaciones por separado, indicando la flecha, la duración y el intervalo de tiempo en el que queremos los datos. Esta última opción utilizaremos un intervalo de 30 segundos para que los archivos tengan menor peso y puedan ser cargados en el software más rápidamente.

LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS

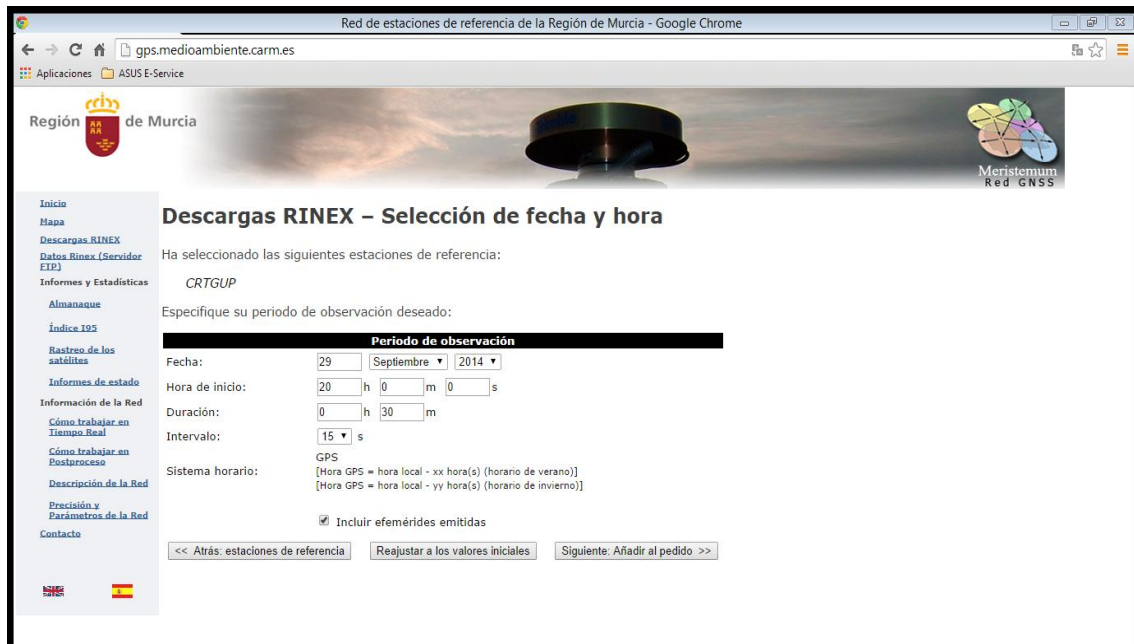


Imagen 4.3.1 c

El formato en el que se descargan los archivos está comprimido, por lo que tendremos que descomprimirlo para su posterior utilización. Una vez descargados volvemos al programa y pinchamos 'Importar' luego en 'Importar datos crudos' y en la opción 'Archivos Rinex', nos vamos a la carpeta en la que los hallamos guardado y nos encontramos con que para cada uno de los archivos comprimidos que nos descargamos despliega tres ficheros diferenciados por sus terminaciones. El necesario para este proyecto sería el de los datos observados(o).

Cuando se importen los datos de las estaciones seguiremos los pasos precisos para el procesamiento de línea base. Esto implica el cálculo del vector tridimensional entre dos sitios de ocupación. Las observaciones tomadas en dos estaciones, en forma simultánea, y a partir de los mismos satélites se combinan durante el procesamiento. Una de estas estaciones se define como la estación fija (referencia), y la otra como la estación móvil. El cálculo de la línea base comprende las diferencias de las coordenadas tridimensionales de la estación móvil con respecto a la estación fija, en coordenadas del sistema WGS84.

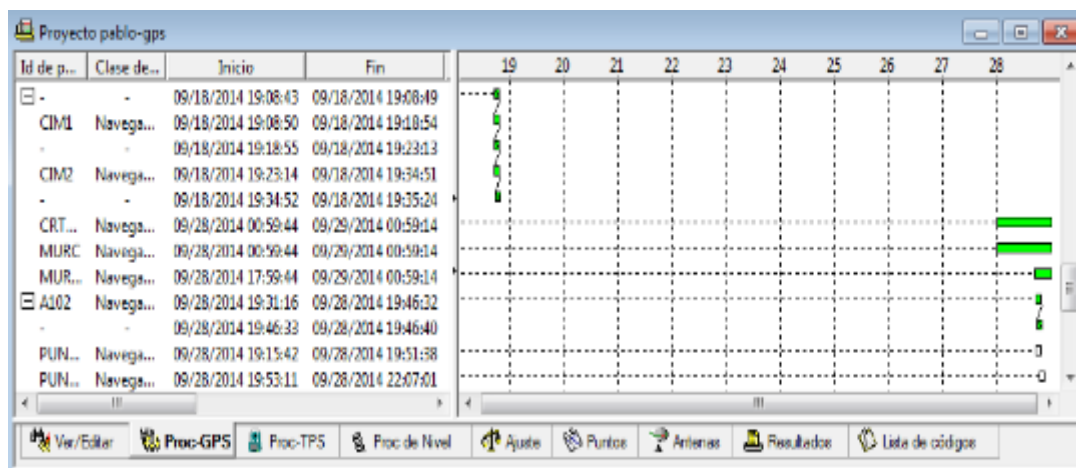


Imagen 4.3.1 d

El mismo procedimiento se puede llevar a cabo con los datos medidos por las estaciones permanentes de la red REGAM, con la excepción de la obtención de los datos Rinex. Para ello entramos en la página web: <http://www.cartomur.com/regam/catalogo.htm>

REGAM - Catálogo de productos

Catálogo de productos.

Acceso a correcciones en Postproceso

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 todas las observables seguidas.

Descarga de ficheros rinex para cálculo en posproceso

- Rinex a 1 segundo
- Rinex a 5 segundos
- Rinex a 30 segundos

Acceso en Tiempo real:

- Conexión a la red GNSS a través de Internet

Imagen 4.3.1 g

Seleccionamos la opción de Rinex a 30 segundos (imagen 4.3.1 g), elegimos la estación que queramos, en nuestro caso elegimos las más cercanas a nuestro punto como son `ALCA` que se encuentra situada en los alcázares y es la que se representa en el gráfico como estación de referencia sin importar ningún dato; `LORC` ubicada en Lorca y `MAZA` situada en mazarrón. Después de elegir la estación habrá que elegir el mes y después el día en el que se hizo la medición. A diferencia de la red MIRISTEMUM aquí los datos se descargan por días completos pero en el mismo formato, por lo que los siguientes pasos serán solamente repetición, por lo que se van a omitir.

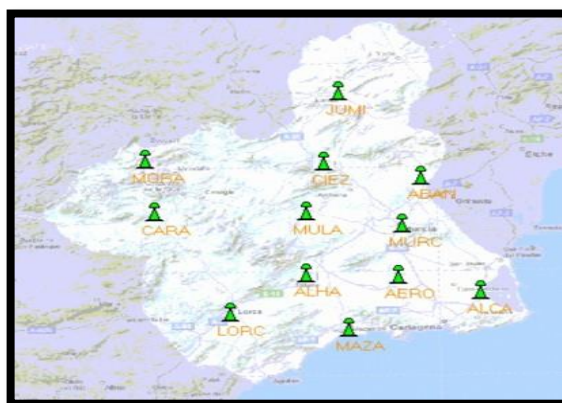


Imagen 4.3.1 h

4.3.1.1 Coordenadas de los puntos tras procesar con sus campos

Recopilación de las coordenadas de cada punto, obtenidas por el procesamiento a partir de la red MERISTEMUM:

Id.punto	Época	X local	Y local	Alt Elip.	QPosic.	QAlt.	Pos. + Q Alt.
A-1	09/18/2014	678192,191	4164093,36	57,8535	0,026	0,0292	0,0391
A-2	09/18/2014	678418,969	4164038,06	58,6314	0,0466	0,0346	0,0581
A-3	09/18/2014	678313,314	4164099,53	57,2051	0,01	0,0109	0,0148
A-4	09/18/2014	678345,468	4164104,08	57,4207	0,0303	0,0317	0,0439
A-5	09/18/2014	678482,574	4164060,59	58,7298	0,0016	0,0022	0,0027
I-1	09/18/2014	678514,677	4163590,48	76,4777	0,013	0,0057	0,0142
CIM-1	09/18/2014	677738,537	4163094,75	53,5911	0,0024	0,0054	0,0059
CIM-2	09/18/2014	677618,355	4163067,34	53,756	0,0053	0,0067	0,0085
A-1.2	09/28/2014	678192,609	4164093,21	56,6863	0,1055	0,0469	0,1155
R-2.2	09/28/2014	678377,364	4163764,01	66,2011	0,0012	0,002	0,0023
I-1.2	09/28/2014	678514,664	4163590,48	76,0897	0,0066	0,0028	0,0072
I-2.2	09/28/2014	678533,858	4163372,39	62,1298	0,0007	0,0011	0,0013
CIM-2.2	09/28/2014	677618,28	4163067,39	53,2409	0,0016	0,0041	0,0044
CRTGUP	09/28/2014	678366,527	4164091,81	73,9273	0,0448	0,0729	0,0855
MURC	09/28/2014	664672,659	4206605,12	126,8414	0,0003	0,0005	0,0005

Imagen 4.3.1 i

En la tabla anterior (imagen 4.3.1 i) podemos observar las coordenadas UTM de cada punto con la fecha en la que fueron tomados.

También obtenemos a partir del post-procesado la altura elipsoidal, cuya relación con la altura ortométrica sería: $h=H+N$. En nuestro proyecto podemos observar que las mayores alturas elipsoidales las alcanzamos en el punto I-1 (Campus Muralla del Mar) y las menores fueron conseguidas en el punto CIM-2 (Facultad de Ciencias de la Empresa).

La siguiente columna suministrada por el procesado de datos es la calidad de posicionamiento (QPosic), cuyos valores más altos fueron obtenidos en el punto A-1 (Campus Alfonso XIII) y los más reducidos en I-2 (Campus Muralla del Mar).

Se puede comprobar que cuando no hay una buena calidad de posicionamiento en el momento de la toma de datos nos dará márgenes de error grandes en las medidas, lo que imposibilitará un correcto post-procesado.

Con la suma de la calidad de posicionamiento y la calidad en la altitud obtendremos los márgenes de error totales de cada punto, los cuales deberían estar, en el caso de darse unas condiciones de trabajo normales, entre unos valores estandarizados que se incluyen en la ficha técnica más adelante.

Los puntos ocupados con menor error total fueron I-2 (Campus Muralla del Mar) y R-2 (Rectorado).

Los puntos calculados con menor exactitud fueron A-1 y A-2 situados ambos en el Campus Alfonso XIII.

4.3.1.2 Observaciones

Se puede comprobar que cuando no hay una buena calidad de posicionamiento en el momento de la toma de datos nos dará márgenes es de error en las medidas grandes, lo que imposibilitará un correcto post-procesado.

Por ello, cómo ya comentamos anteriormente debemos estacionar nuestro equipo en un lugar en el que no se vea mermada la visibilidad de los satélites por obstáculos que interfieran.

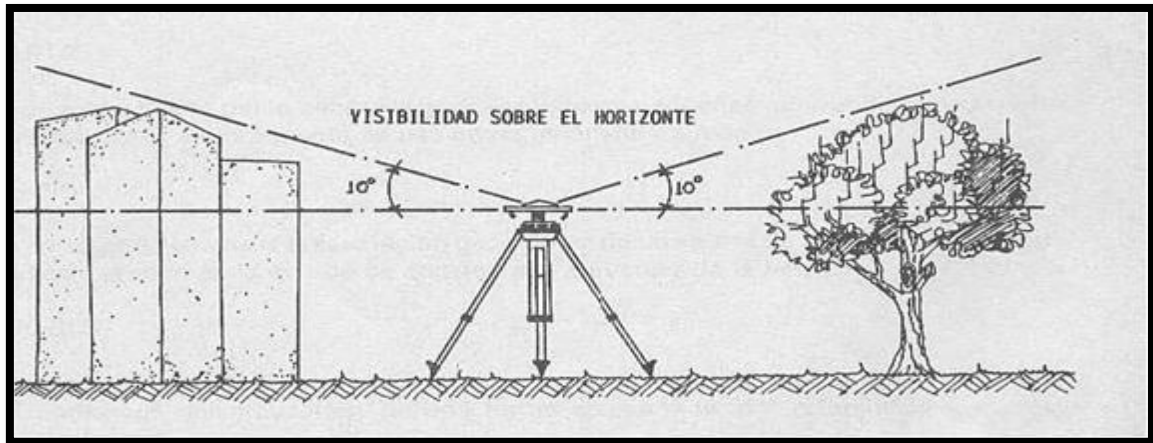


Imagen 4.3.1.2 a

Además también se pueden realizar planificaciones del posicionamiento de los satélites, en una fecha concreta para asegurar que en el momento de la medida se visarán un número suficiente de ellos para realizar una correcta toma de datos.

Para ello usamos Trimble Geomatics Office, el cual nos da la opción de comprobar el recorrido de los satélites durante un intervalo de tiempo específico y así comprobar cuál es el mejor momento para hacer la ocupación. El procedimiento a llevar a cabo es el siguiente:

Pinchamos en 'Quick Plan'

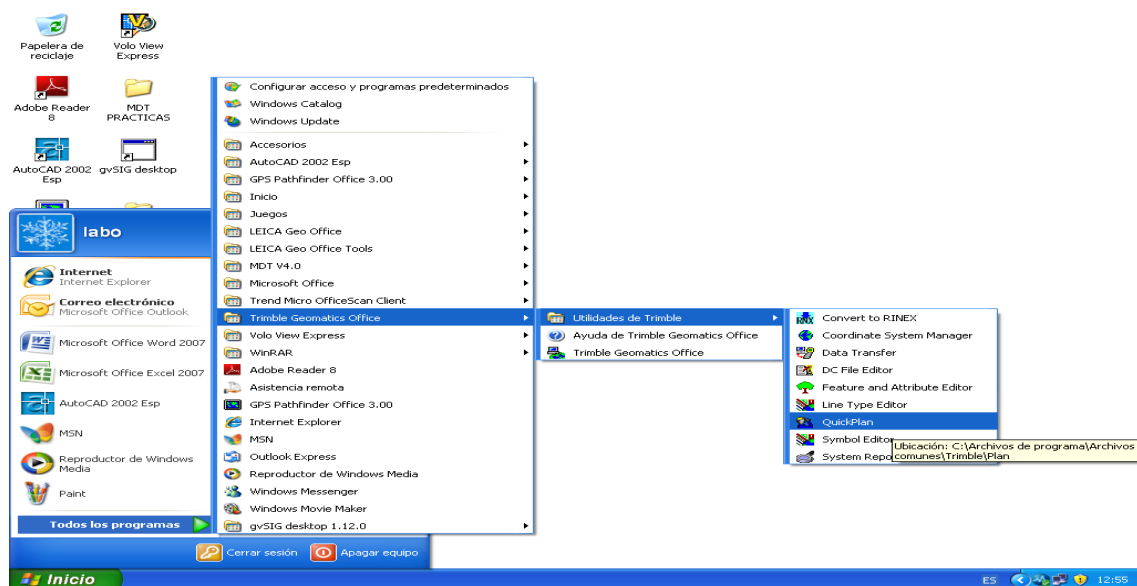


Imagen 4.3.2.1 b

LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS

A continuación introducimos la fecha en la que queremos comprobar el estado del cielo e indicamos la zona próxima al punto que queremos medir, señalándolo en un mapamundi establecido. Además también tenemos la opción de meter las coordenadas del punto.

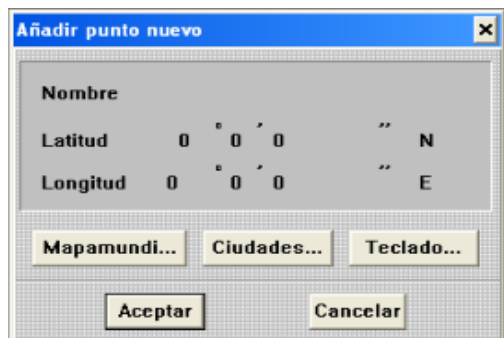


Imagen 4.3.2.1 c

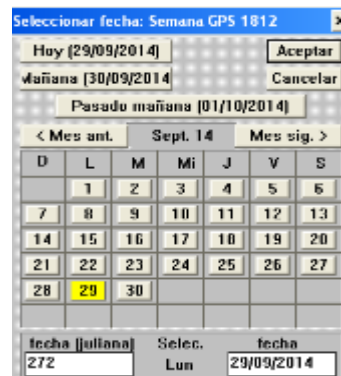


Imagen 4.3.2.1 d

Una vez introducidos estos parámetros podemos obtener gráficos como los siguientes:

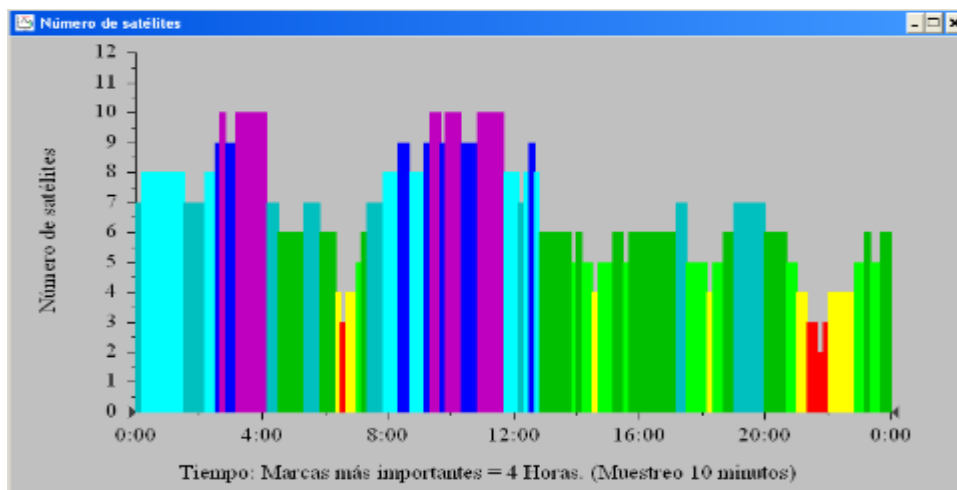


Imagen 4.3.2.1 e

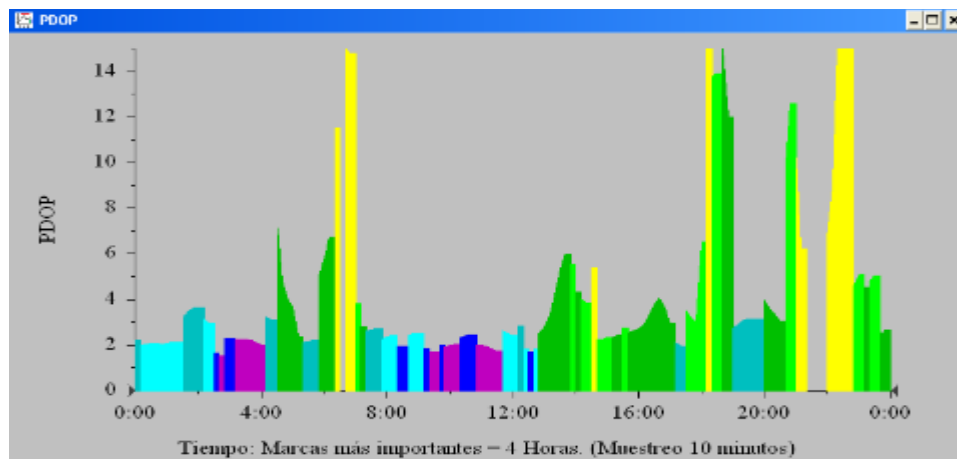


Imagen 4.3.2.1 f

En la primera gráfica (imagen 4.3.2.1 e) se puede observar el número de satélites que se visarán desde nuestro punto en cada intervalo de tiempo, y en el segundo el PDOP con respecto al tiempo (imagen 4.3.2.1 f).

El PDOP es una cifra sin unidades que relaciona el error en la posición del usuario y el error en la posición del satélite. Los valores aceptables de PDOP son del orden de 3. Los valores superiores a 7 se consideran inadecuados.

Gracias a este gráfico podremos organizarnos el horario de ocupación, ya que con él conocemos las horas en las que captaremos mayor número de satélites, así como aquellas horas en las que no tendremos los suficientes para realizar la medición. En el caso del ejemplo anterior la mejor hora para la ocupación será de 8:00h-12:00h.

Otro factor que tendemos que tener en cuenta a la hora de realizar las mediciones será la elevación de los satélites. Para ello procedemos del mismo modo, pinchando primero en la pestaña de gráficos, y luego en la de elevación.

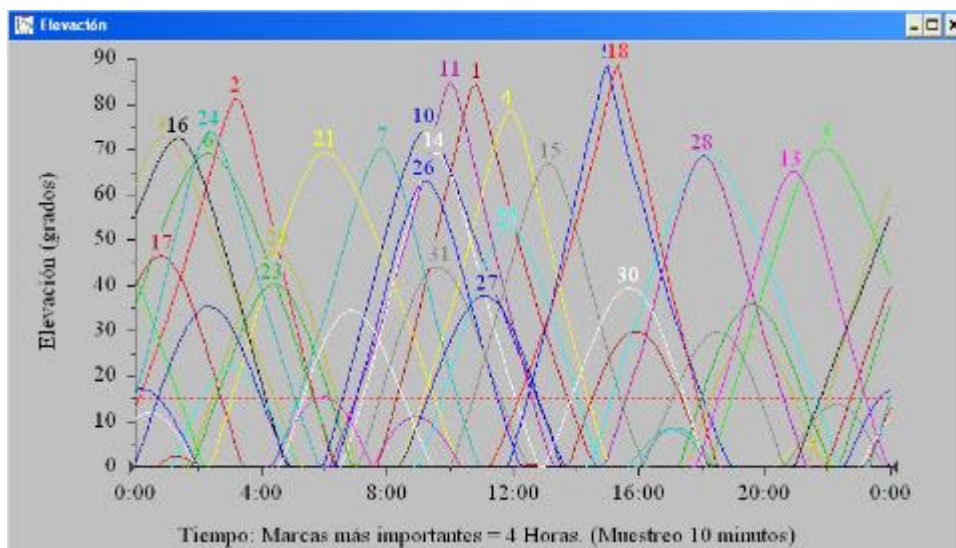


Imagen 4.3.2.1 g

Otras gráficas de interés que podemos obtener son las de la horizontal y la vertical de los satélites con respecto al tiempo (imágenes 4.3.2.1 h y 4.3.2.1 i, respectivamente)

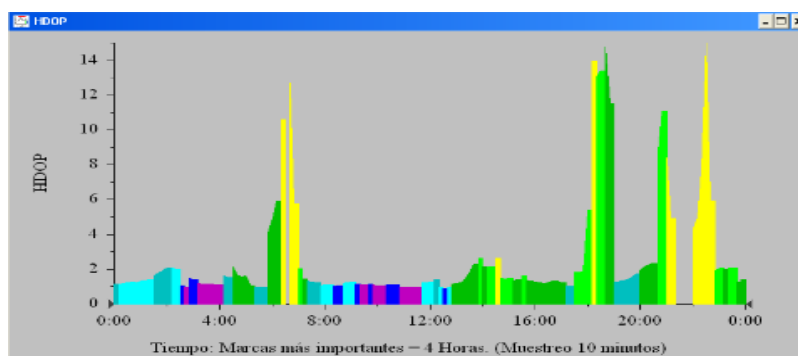


Imagen 4.3.2.1 h

LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS

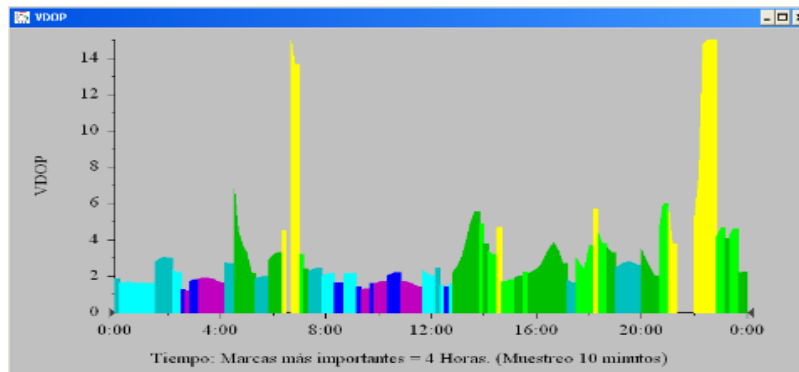


Imagen 4.3.2.1 i

4.3.2 Trimble Geomatics Office

Trimble Geomatics Office es el software utilizado en el Departamento de Ingeniería Minera, Geológica y Cartográfica, con el que también podemos realizar el post-proceso de los datos.



Para que los datos puedan ser observados en este programa es necesario cambiar el formato de estos a Rinex, para ello utilizaremos el LGO y seguiremos los siguientes pasos.

Abrimos de nuevo el LGO y sacamos las coordenadas RKT del proyecto, elegimos la opción exportar a Rinex (imagen 4.3.2 a):

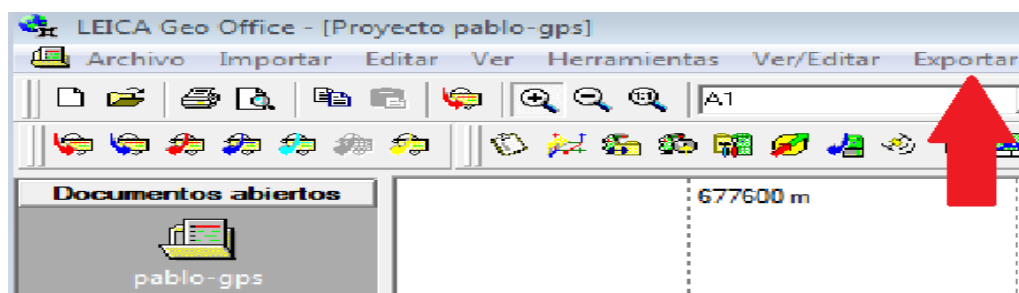


Imagen 4.3.2 a

LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS

A continuación los guardamos en la carpeta que queramos (imagen 4.3.2 b):

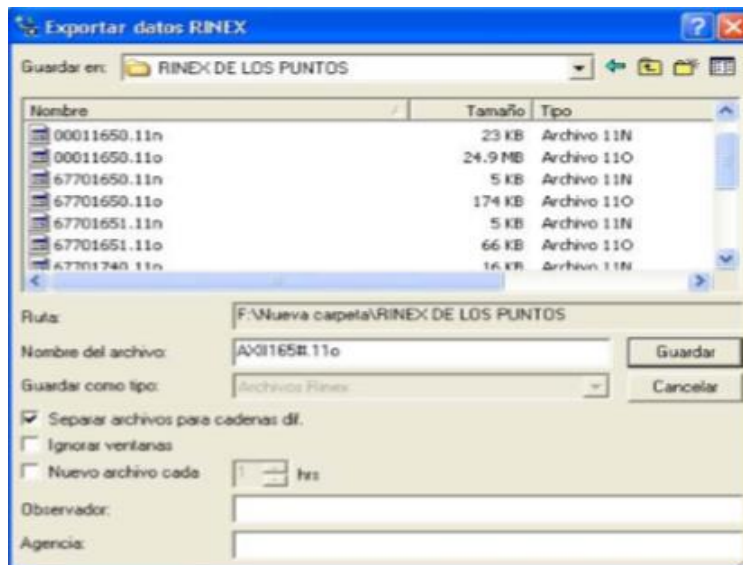


Imagen 4.3.2 b

Una vez que tenemos nuestros datos crudos en formato Rinex, abrimos el Trimble Geomatics Office (imagen 4.3.2 c):

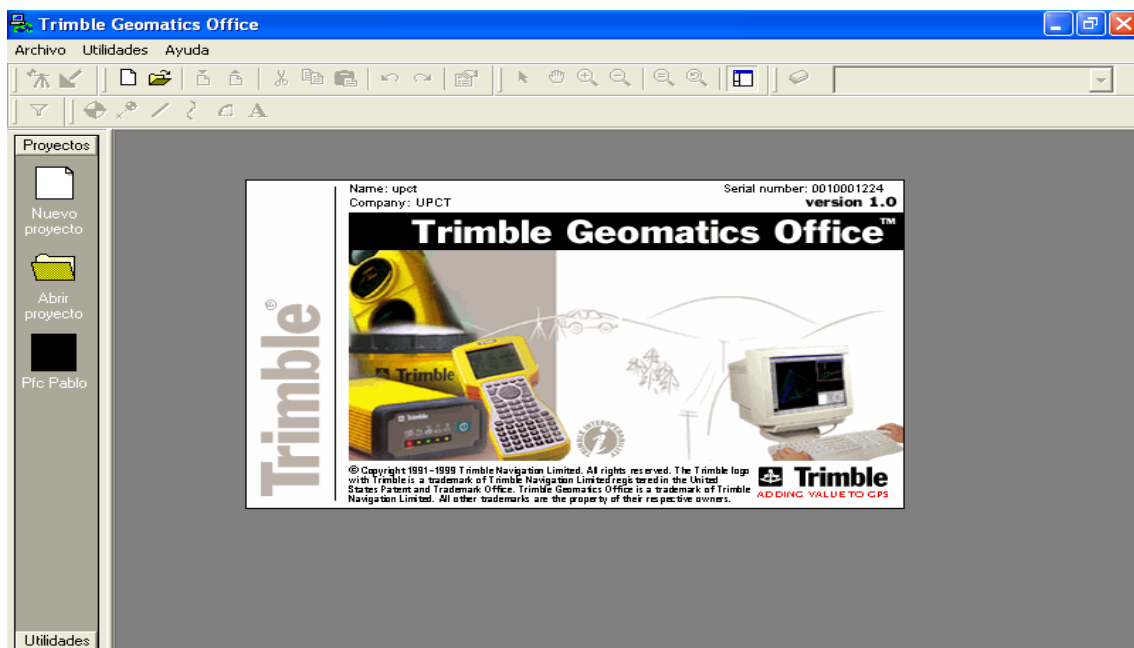


Imagen 4.3.2 c

Luego creamos un nuevo proyecto, y pinchamos en ` Unidades y formato ´ para cambiar la opción de `Orden de coordenadas´, indicando Este primero (imagen 4.3.2 d). Los demás datos son correctos.



Imagen 4.3.2 d

Ahora nos disponemos a cargar los datos en este programa. Pinchaos en la lengüeta de la izquierda que pone 'Importar', indicando el Rinex files (*.XXo,*.*obs)', como indica la figura 4.3.2 e.

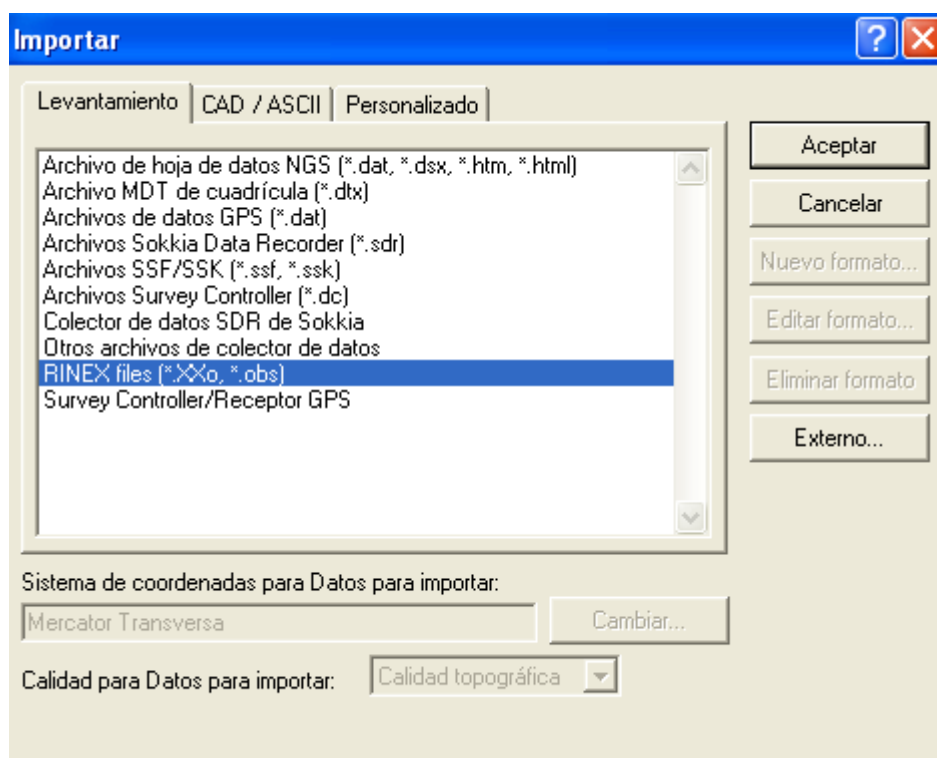


Imagen 4.3.2 e

Elegimos la carpeta y los archivos que queremos que parezcan en nuestro proyecto. En la opción 'Medida a' debemos poner en nuestro caso 'base del soporte de la antena', como se indica en las imágenes 4.3.2 g y 4.3.2 h:

LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS

Usar	Nombre	Nombre de archivo	Tiempo de inicio	Tiempo de parada	Altura antena	Tipo de antena
<input checked="" type="checkbox"/>	1	2_1652.11o	16:53:24 14 jun 2011	17:15:58 14 jun 2011	1.498m	Externa desconocida
<input checked="" type="checkbox"/>	Segmento móvil	2_1652.11o	17:15:58 14 jun 2011	17:16:21 14 jun 2011	1.479m	Externa desconocida
<input checked="" type="checkbox"/>	2	2_1652.11o	17:31:32 14 jun 2011	17:36:17 14 jun 2011	1.479m	Externa desconocida
<input checked="" type="checkbox"/>	Segmento móvil	2_1652.11o	17:36:18 14 jun 2011	17:36:23 14 jun 2011	1.479m	Externa desconocida
<input checked="" type="checkbox"/>	3	2_1652.11o	17:36:23 14 jun 2011	17:36:25 14 jun 2011	1.479m	Externa desconocida
<input checked="" type="checkbox"/>	Segmento móvil	2_1652.11o	17:36:25 14 jun 2011	17:37:20 14 jun 2011	1.479m	Externa desconocida
<input checked="" type="checkbox"/>	2	2_1652.11o	17:37:21 14 jun 2011	17:58:48 14 jun 2011	1.479m	Externa desconocida
<input checked="" type="checkbox"/>	Segmento móvil	2_1652.11o	17:58:48 14 jun 2011	17:59:06 14 jun 2011	2.000m	Externa desconocida
<input checked="" type="checkbox"/>	6770614 14513704	2_1652.11o	18:21:11 14 jun 2011	18:21:23 14 jun 2011	2.000m	Externa desconocida
<input checked="" type="checkbox"/>	Segmento móvil	2_1652.11o	18:21:24 14 jun 2011	18:21:38 14 jun 2011	1.495m	Externa desconocida

Imagen 4.3.2 g

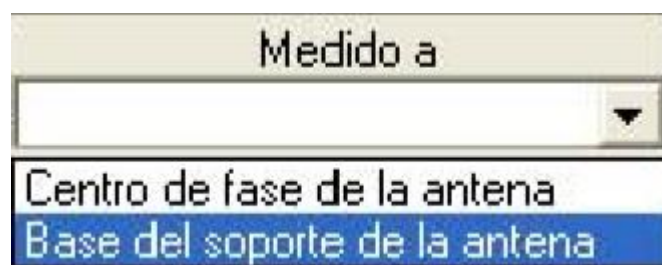


Imagen 4.3.2 h

Una vez hecho con todos los archivos medidos se representan de la siguiente forma:

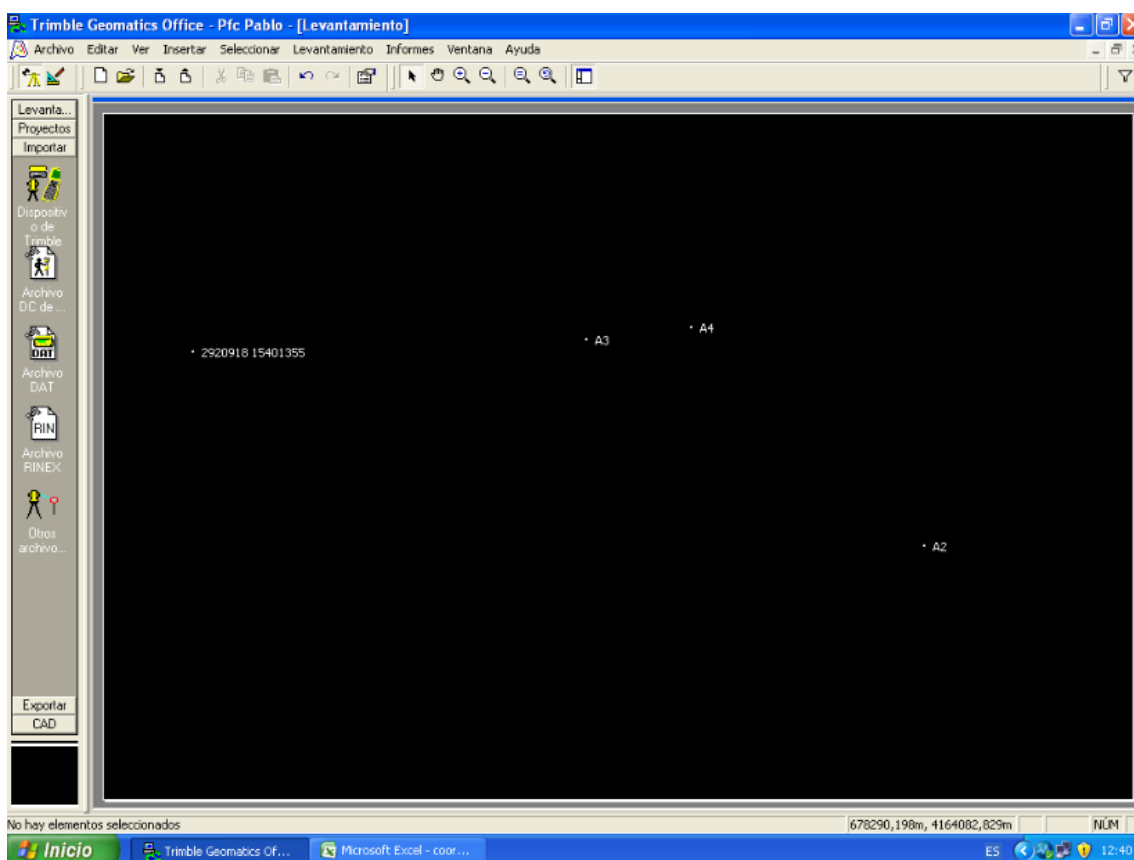


Imagen 4.3.2 i

LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS

Después de introducir nuestras mediciones, nos disponemos a insertar as ediciones realizadas por las estaciones permanentes de la red MERISTEMUM en los mismos intervalos de tiempo en los que realizamos nuestras mediciones. Para ello, como ya hicimos anteriormente, entramos en la página web <http://gps.medioambiente.carm.es/>:



Imagen 4.3.2 j

Al pinchar en CORS nos aparecerán todas las estaciones permanentes de las que dispone la red. Nosotros utilizaremos los datos de las estaciones más cercanas a la zona de medida, como son las de Cabo de Palos (CABO) y la de Cartagena (CRTGUP).

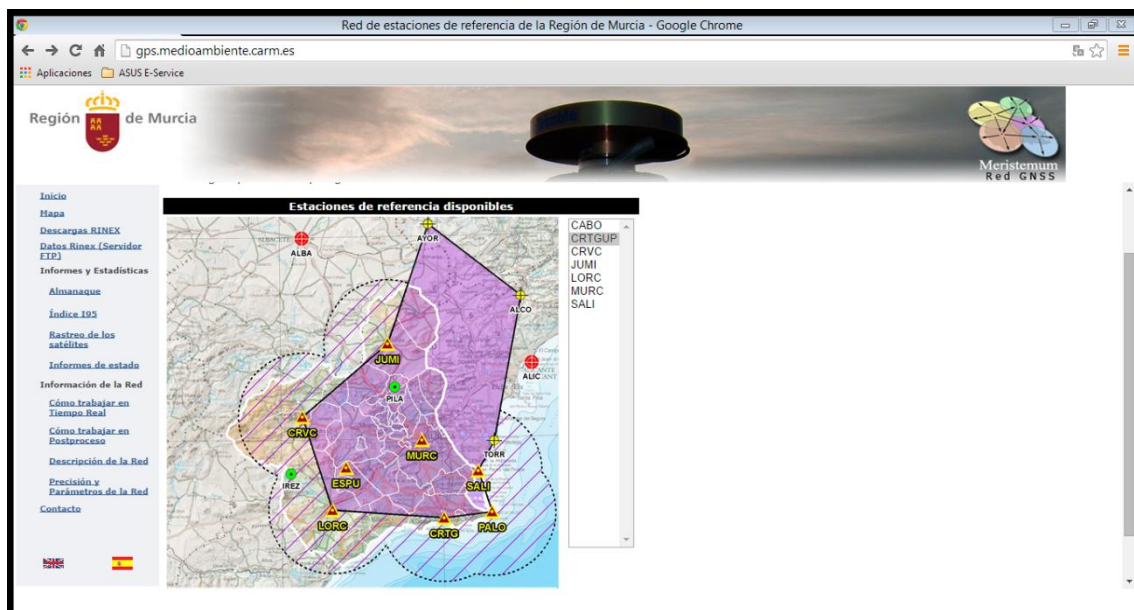


Imagen 4.3.2 k

LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS

Más adelante nos disponemos a descargar los RINEX de cada una de las estaciones por separado, indicando la flecha, la duración y el intervalo de tiempo en el que queremos los datos. Esta última opción utilizaremos un intervalo de 30 segundos para que los archivos tengan menor peso y puedan ser cargados en el software más rápidamente.

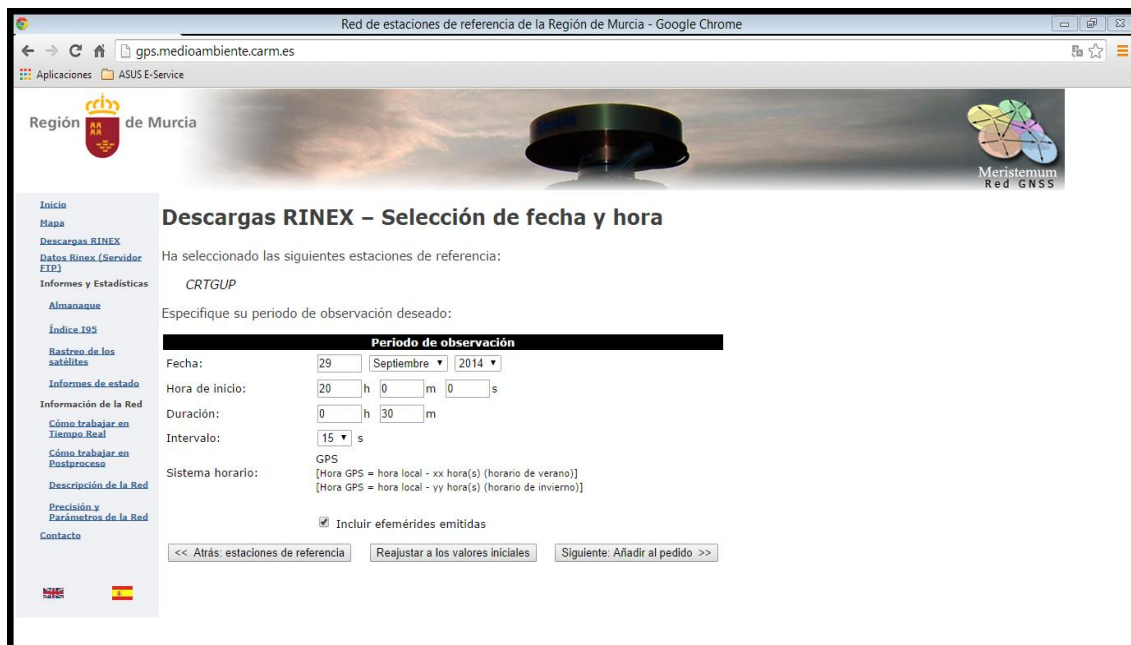


Imagen 4.3.2 l

Una vez descargados todos los Rinex de las distintas estaciones que queramos, nos disponemos a importarlos en el Trimble Geomatics Office con el mismo procedimiento que para los anteriores.

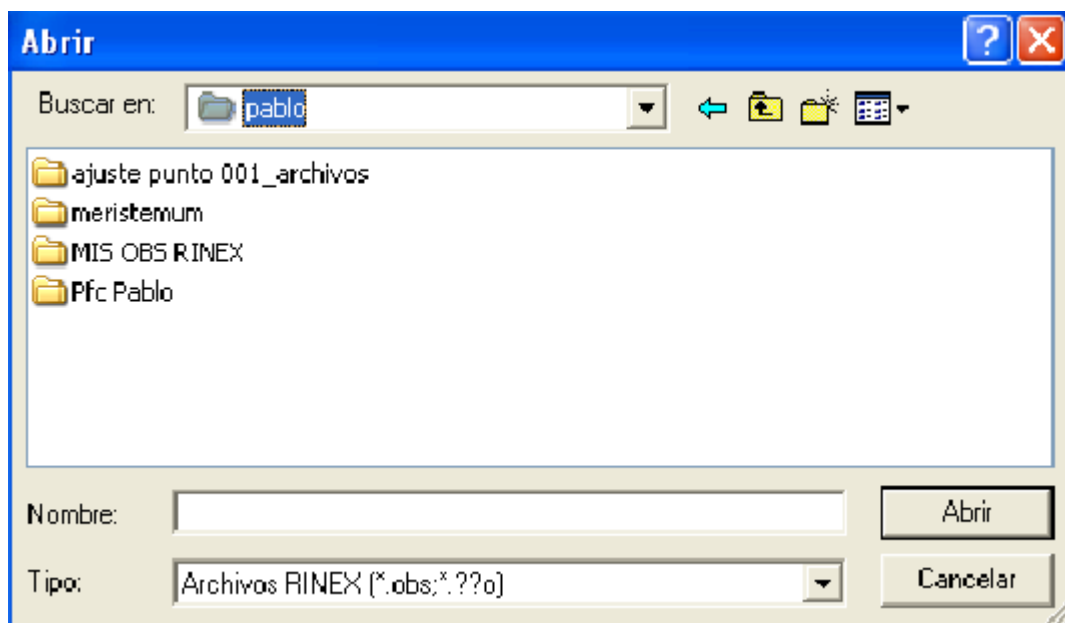


Imagen 4.3.2 m

LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS

Al abrir las mediciones de las redes de estaciones permanentes se unirán mediante líneas base entre las propias estaciones permanentes utilizadas, así como también se unirán con las mediciones realizadas por nosotros.

En nuestro caso al llevar a cabo el paso anterior, no conseguimos abrir los datos de la red MERISTEMUM con el TGO, por lo que no conseguimos ver las líneas base.

Aunque no pudimos finalizar el procedimiento con nuestros datos, a continuación se indica el proceso que hay que seguir:

Una vez procesadas las líneas base se le da a 'Ajuste de redes' y aparecen unas elipses de error en cada uno de los puntos. Y con esto estarán calculadas las coordenadas de los puntos en post-proceso.

Pinchamos en 'Informe de ajuste de redes' y en él se especifican las coordenadas UTM y las geodésicas con los errores cometidos en cada una de los componentes de las coordenadas.

Estos datos serán las coordenadas de la red libre formada por los puntos y las estaciones permanentes insertadas en el proyecto.

Para obtener una red ligada habría que cambiar las coordenadas de las estaciones permanentes a las que queramos ligar la red, poniéndole las establecidas, por ejemplo, por MERISTEMUM (imagen 4.3.2 n)

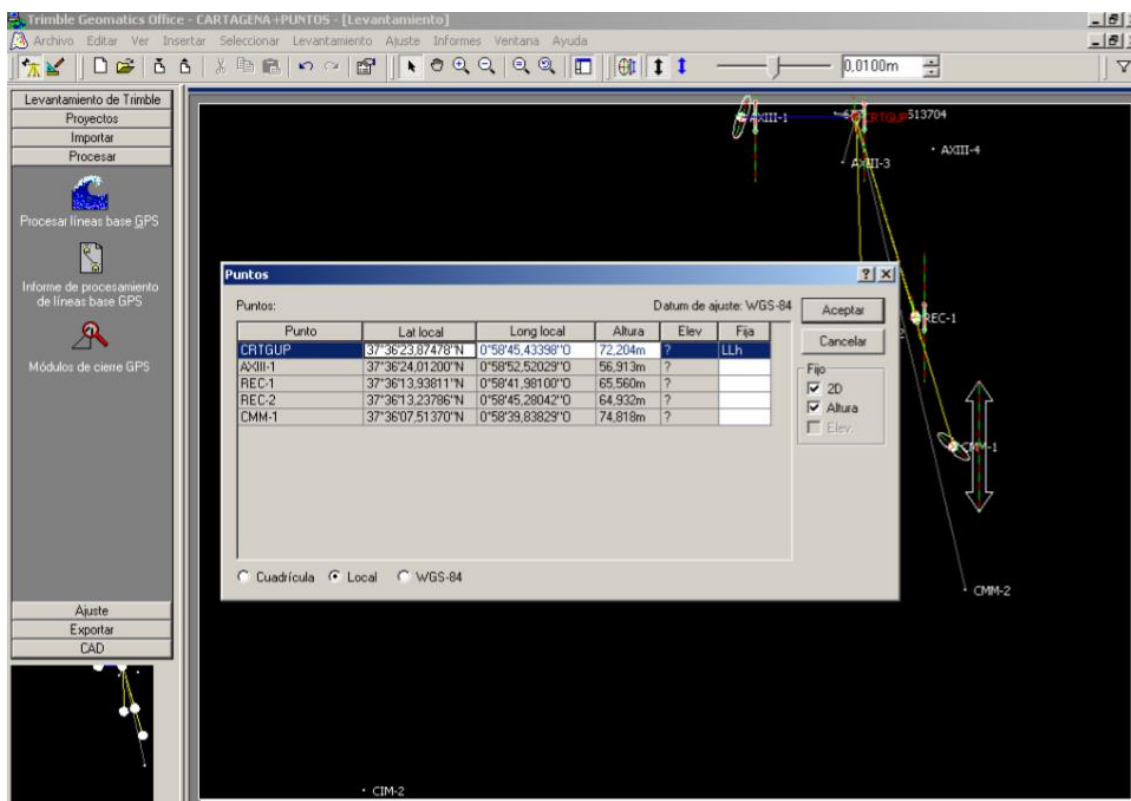


Imagen 4.3.2 n

Por último, una vez fijadas las estaciones permanentes necesarias para nuestro estudio se genera de nuevo 'Informe de redes' y nos saldrá las coordenadas de todos los puntos de la red ligada.

4.4 Reseñas de los puntos

❖ Punto A-1 (Alfonso XIII)

Universidad Politécnica de Cartagena



UTM

X: 678192,191 Altura elips: 57,8535

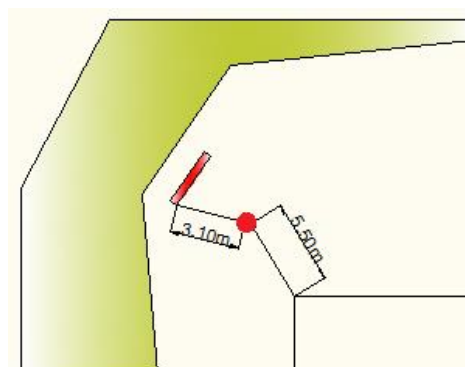
Y: 4164093,36 Pos+ Qalt: 0,0391

HUSO: 30

GEOGRÁFICAS

Latitud: 37° 36' 24.30322" N

Longitud: 0° 58' 46.26716" W



❖ Punto A-2 (Alfonso XIII)

Universidad Politécnica de Cartagena



UTM

X: 678418,969 Altura elips: 58,6314

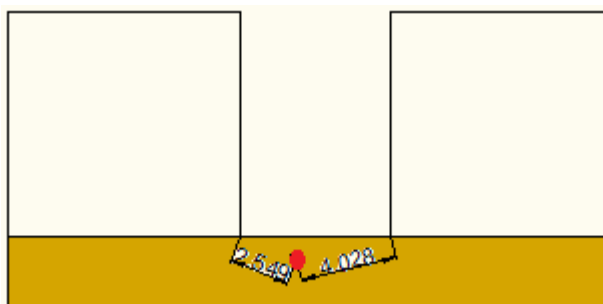
Y: 4164038,06 Pos+ Qalt: 0,0581

HUSO: 30

GEOGRÁFICAS

Latitud: 37° 36' 22.11101" N

Longitud: 0° 58' 43.32910" W

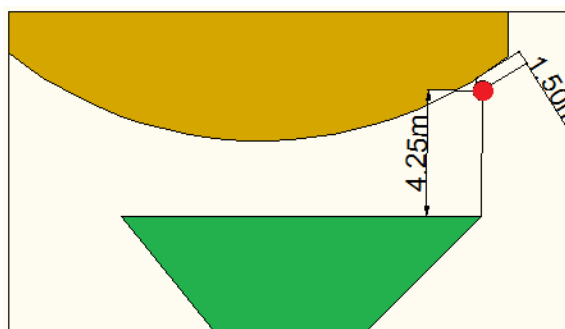


❖ Punto A-3 (Alfonso XIII)

Universidad Politécnica de Cartagena



UTM	
X: 678313,314	Altura elips: 57,2051
Y: 4164099,53	Pos+ Qalt: 0,0148
HUSO: 30	
GEOGRÁFICAS	
Latitud: 37° 36' 24.17823'' N	
Longitud: 0° 58' 47.58177'' W	



❖ Punto A-4 (Alfonso XIII)

Universidad Politécnica de Cartagena



UTM

X: 678345,468 Altura elips: 57,4207

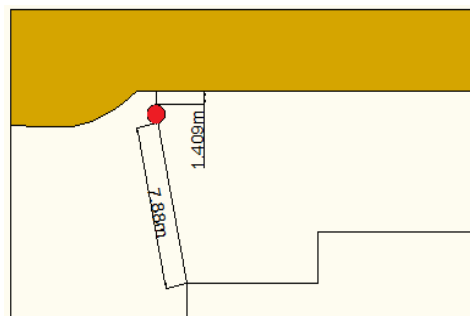
Y: 4164104,08 Pos+ Qalt: 0,0439

HUSO: 30

GEOGRÁFICAS

Latitud: 37° 36' 24.30322'' N

Longitud: 0° 58' 46.26716'' W



❖ Punto A-5 (Alfonso XIII)

Universidad Politécnica de Cartagena



UTM

X: 678482,574 Altura elips: 58,7298

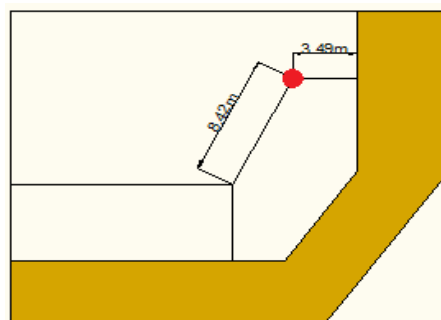
Y: 4164060,59 Pos+ Qalt: 0,0027

HUSO: 30

GEOGRÁFICAS

Latitud: 37° 36' 22.79735'' N

Longitud: 0° 58' 40.71674'' W



❖ Punto R-2 (Rectorado)

Universidad Politécnica de Cartagena



UTM

X: 678377,364 Altura elips: 66,2011

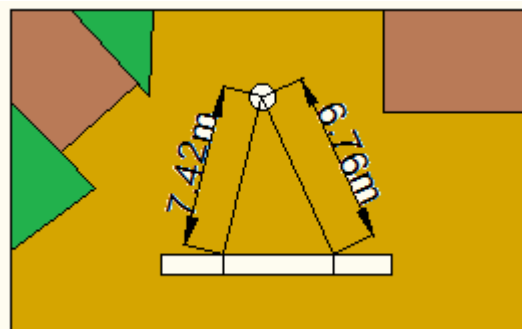
Y: 4163764,01 Pos+ Qalt: 0,002

HUSO: 30

Geográficas

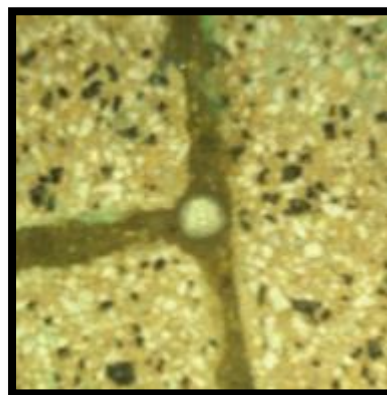
Latitud: 37° 36' 13.25047'' N

Longitud: 0° 58' 45.23929'' W

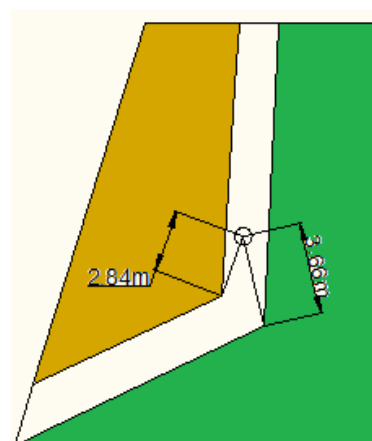


❖ Punto I-1(CMM)

Universidad Politécnica de Cartagena



UTM	
X: 678514,677	Altura elips: 76,4777
Y: 4163590,48	Pos+ Qalt: 0,0142
HUSO: 30	
GEOGRÁFICAS	
Latitud: 37° 36' 07.53176" N	
Longitud: 0° 58' 39.81174" W	



❖ Punto I-2 (CMM)

Universidad Politécnica de Cartagena



UTM

X: 678533,858 Altura elips: 53,2409

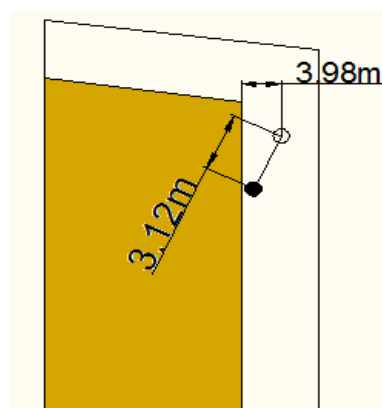
Y: 4163067,39 Pos+ Qalt: 0,0044

HUSO: 30

GEOGRÁFICAS

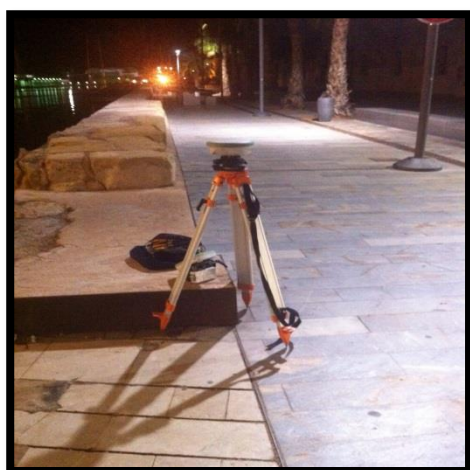
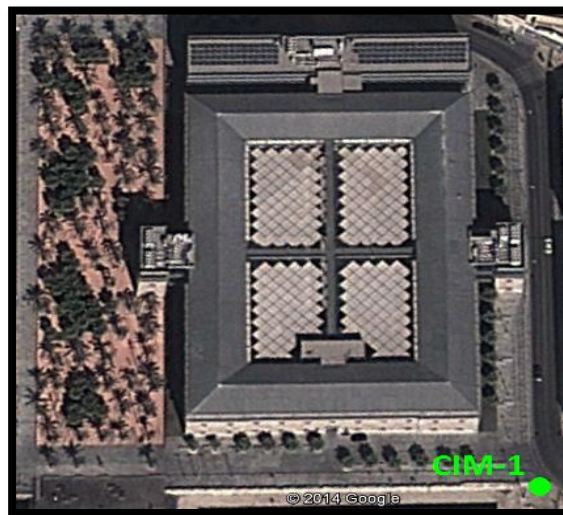
Latitud: 37° 36' 00.44400'' N

Longitud: 0° 58' 39.23079'' W



❖ Punto CIM-1 (CIM)

Universidad Politécnica de Cartagena



UTM

X: 677738,537 Altura elips: 53,5911

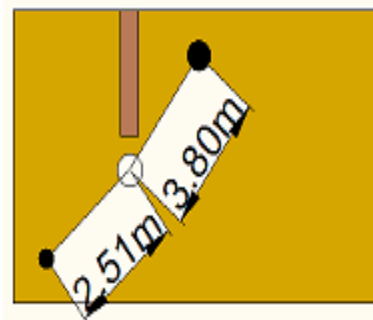
Y: 4163094,75 Pos+ Qalt: 0,0059

HUSO: 30

GEOGRÁFICAS

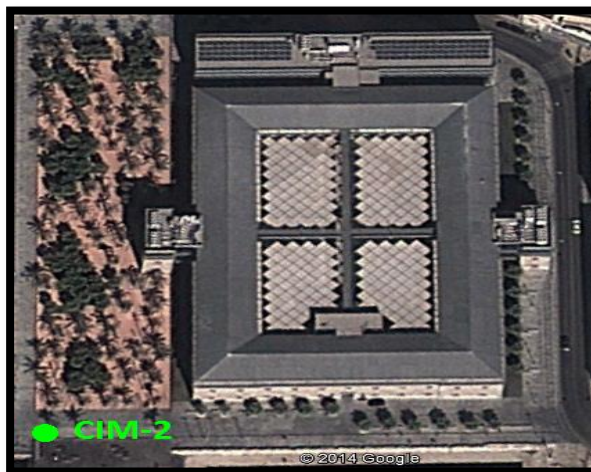
Latitud: 37° 35' 51.99507" N

Longitud: 0° 59' 11.88903" W



❖ Punto CIM-2 (CIM)

Universidad Politécnica de Cartagena



UTM

X: 677618,355 Altura elips: 53,756

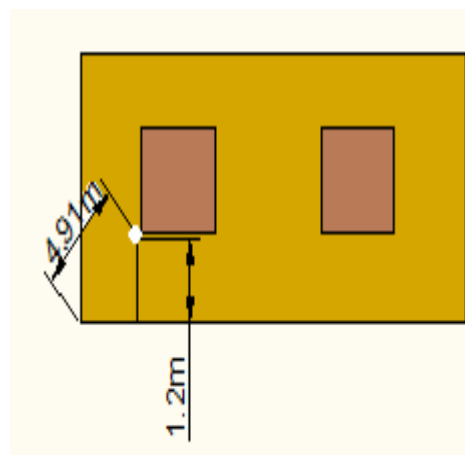
Y: 4163067,34 Pos+ Qalt: 0,0085

HUSO: 30

GEOGRÁFICAS

Latitud: 37° 35' 51.18981" N

Longitud: 0° 59' 16.8117" W



5. CONCLUSIÓN

Al comienzo de este documento expusimos los objetivos principales que nos marcábamos para lograr.

Hemos calculados las coordenadas de 10 puntos que considerábamos adecuados para representar los diferentes espacios en los que se divide la Universidad Politécnica de Cartagena. Aunque los espacios representados no son el total de los componen la politécnica, elegimos los que considerábamos más importantes, dejando de lado algunos como la residencia Alberto Colao, Pabellón Deportivo Urban, Escuela de turismo, etc.

El cálculo de dichas coordenadas se ha realizado por un lado en RTK, y por el otro en post-proceso. El post-proceso se llevó a cabo con el programa Leica Geo office y con el programa Trimble Geomatics office, aunque con este último no se pudieron obtener los resultados finales.

Hay que comentar que con el software Leica Geo Office las precisiones son mejores, y no hay tantos problemas a la hora de conseguir datos post-procesados, añadiendo a todo ellos la comodidad de trabajar con un equipo y software de la misma casa.

Al realizar el post-procesado se obtuvieron algunos datos muy dispares, por ello hay que decir que cuando no se consiguen valores de calidad de posicionamiento adecuados, las mediciones no serán todo lo exactas que podrían ser.

Y esta calidad de posicionamiento depende directamente del número de satélites que el GPS sea capaz de visualizar, por lo que debemos estudiar siempre antes de realizar el trabajo de campo la situación de los satélites, elevación, trayectoria, horarios, etcétera, de tal modo que realicemos la ocupación con la mejor situación posible.

Esta situación de los satélites la podemos estudiar mediante Quick Plan, a partir de una serie de parámetros que tenemos que introducir como coordenadas (latitud/longitud), fecha (mes/día) o zona aproximada a la zona de medición.

6. BIBLIOGRAFÍA

- <http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica>
- <http://velezortarafeel.blogspot.com.es/p/investigación>
- <http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesGeodesiaStmagd.do>
- http://www.asifunciona.com/electronica/af_gps/af_gps_13.htm
- <http://murcia.geografos.org/wp-content/uploads/2010/12/2-Aplicaciones-GNSS>
- <http://cartomur.imida.es/regam/>
- <http://gps.medioambiente.carm.es/>
- Proyecto de Doña Begoña Simon

ANEXO: FICHA TÉCNICA LEICA GPS 1200

Leica GPS1200+

Especificaciones técnicas y características del sistema



Receptores GPS1200+	GX1230+ GNSS/ ATX1230+ GNSS	GX1220+ GNSS	GX1230+	GX1220+	GX1210+
GNSS technology	SmartTrack+	SmartTrack+	SmartTrack	SmartTrack	SmartTrack
Type	Triple frecuencia	Triple frecuencia	Doble frecuencia	Doble frecuencia	Monofrecuencia
Channels	120 canales L1/L2/L5 GPS L1/L2 GLONASS E1/E5a/ E5b/ Alt-BOC Galileo Compass ¹ 4 SBAS	120 canales L1/L2/L5 GPS L1/L2 GLONASS E1/E5a/ E5b/ Alt-BOC Galileo Compass ¹ 4 SBAS (con opción DGPS)	16 L1 + 16 L2 GPS 4 SBAS	16 L1 + 16 L2 GPS 4 SBAS (con opción DGPS)	16 L1 GPS 4 SBAS (con opción DGPS)
Ampliado a					
GX1230+ GNSS	-	Sí	Sí	Sí	Sí
RTK	SmartCheck+	No	SmartCheck	No	No
Indicadores de estado	3 indicadores LED (GX1200+): para alimentación, seguimiento, memoria				
Receptores GPS1200+	GX1230+ (GNSS)/ GX1220+ (GNSS)	GX1210+	ATX1230+ GNSS		
Puertos	1 puerto de alimentación, 3 puertos seriales, 1 puerto de controlador, 1 puerto de antena	1 puerto de salida PPS	1 puerto alimentación/controlador, Puerto de tecnología inalámbrica Bluetooth®		
Tensión de alimentación, Nominal	12 VCC		Nominal 12 VCC		
Consumo	receptor 4,6 W + controlador + antena		1,8 W		
Entradas y PPS	Opcional: 1 puerto de salida PPS 2 puertos de entrada	Opcional: 1 puerto de salida PPS 2 puertos de entrada			
Antena estándar	SmartTrack+ AX1203+ GNSS	SmartTrack AX1201	SmartTrack+ ATX1230+ GNSS		
Plano de tierra integrado	Plano de tierra integrado	Plano de tierra integrado	Plano de tierra integrado		

Lo siguiente es aplicable a todos los receptores excepto en lo señalado.

Fuente de alimentación	Dos baterías ión-litio 4,4 Ah/7,4 V en interior del receptor. Una ión-litio 2,2 Ah/7,4 V insertada en ATX1230+ GNSS y RX1250.
Baterías Ion-Li insertables	Alimentan receptor + controlador + antena SmartTrack durante 17 horas (para registro de datos).
Lo mismo para GNSS y TPS	Alimentan receptor + controlador + antena SmartTrack + radiomódem de baja potencia o teléfono durante 11 horas (para RTK/DGPS). Alimenta SmartAntenna + controlador RX1250 durante unas 6 horas (para RTK/DGPS)
Alimentación externa	Entrada de alimentación externa 10.5 V a 28 V.
Pesos	Receptor 1,20 kg. Controlador 0,48 kg (RX1210) y 0,75 kg (RX1250). Antena SmartTrack 0,44 kg, SmartAntenna 1,12 kg. Batería Ion-Li insertable 0,11 kg (2,2 Ah) y 0,2 kg (4,4 Ah). Bastón de fibra de carbono con antena SmartTrack y controlador RX1210: 1,80 kg. Todo en bastón: bastón de fibra de carbono con SmartAntenna, controlador RX1250 y baterías insertables: 2,74 kg.

Temperatura	Funcionamiento: Receptor -40°C hasta +65°C
ISO9022	Antenas -40°C hasta +70°C
MIL-STD-810F	Controladores -30°C hasta +65°C
	Controlador RX1250c -30°C hasta +50°C
	Almacenamiento: Receptor -40°C hasta +80°C
	Antenas -55°C hasta +85°C
	Controladores -40°C hasta +80°C
	Controlador RX1250c -40°C hasta +80°C
Humedad	Receptor, antenas y controladores hasta 100% humedad.
ISO9022, MIL-STD-810F	
Protección contra agua, polvo y arena	Receptor, antenas y controladores: Resistente al agua a inmersión temporal de 1 m. IP67, MIL-STD-810F
Choque/Caída contra superficie dura	Receptor: resiste la caída de 1 m contra una superficie dura. Antenas: resiste la caída de 1 m sobre una superficie dura.
Dejar caer bastón	Receptor, antenas y controladores: resisten la caída si se viene abajo el bastón.
Vibraciones	Receptor, antenas y controladores: Aguantan vibraciones sobre grandes máquinas de construcción. Sin pérdidas de señal.
ISO9022	
MIL-STD-810F	

¹La señal Compass no está terminada aún, sin embargo, los receptores GPS1200+ han captado las señales test en un entorno de prueba. Dado que pueden producirse cambios en la estructura de la señal, Leica Geosystems no puede garantizar la total compatibilidad con Compass.

LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS

SmartTrack+ Tecnología GNSS avanzada de medición	El tiempo necesario para adquirir todos los satélites después del encendido: normalmente unos 50 seg. Readquisición de satélites tras pérdida de señal (p. ej. al atravesar un túnel): normalmente con 1 seg. Muy elevada sensibilidad: adquiere más del 99 % de las observaciones posibles sobre una elevación de 10 grados. Nivel de ruido muy bajo. Seguimiento resistente. Sigue señales débiles con muy poca elevación y en condiciones adversas. Mitigación del multipath. Resistente las interferencias Precisión de medición: Fase portadora en L1: 0.2 mm emc. En L2: 0,2 mm emc. Código (pseudo distancia) en L1 y L2: 20 mm emc.	Controladores RX1210/RX1250	Pantalla 1/4 VGA de alto contraste con opción de color (RX1250) Pantalla táctil, 11 líneas x 32 caracteres. Windows CE 5.0 en RX1250. Teclado QWERTY totalmente alfanumérico. Teclas de función y teclas definibles por el usuario. Iluminación para pantalla y teclas. También puede utilizarse con TPS1200+ para entrada alfanumérica y codificación extensa.
SmartCheck+ Tecnología RTK avanzada de largo alcance	Inicialización normalmente 8 segundos. Intervalo de actualización de posición seleccionable hasta 20 Hz. Latencia < 0,03 s Alcance 40 km o más en condiciones favorables. Auto comprobación.	Funcionamiento con controlador Lo mismo para GNSS y TPS	Mediante teclado y/o a través de pantalla táctil. Concepto de funcionamiento gráfico. Teclas de función y teclas definibles por el usuario. Se muestra toda la información.
Precisiones	Cinématico Horizontal: 10 mm + 1 ppm Vertical: 20 mm + 1 ppm Estático (ISO 17123-8) Horizontal: 5 mm + 0.5 ppm Vertical: 10 mm + 0.5 ppm Fiabilidad: 99.99 % para líneas base de hasta 40 km. Formatos compatibles para la transmisión y la recepción: Leica propietario (Leica, Leica 4G), CMR, CMR+, RTCM V2.1/2.2/2.3/3.0/3.1.	Información mostrada Pantalla gráfica de levantamiento Lo mismo para GNSS y TPS	Toda la información mostrada: estado, seguimiento, registro de datos, base de datos, RTK, DGPS, navegación, levantamiento, replanteo, calidad, cronómetro, alimentación, coordenadas geográficas, cartesianas, cuadrícula, etc. Pantalla gráfica (plano) de levantamiento. Acercamientos. Puede accederse a puntos levantados directamente por la pantalla táctil.
Redes de estaciones de referencia	Móvil RTK totalmente compatible con redes de estaciones de referencia de formatos de Leica Spider i-MAX & MAX, VRS y Corrección de área (FKP).	Pantalla replanteo Lo mismo para GNSS y TPS	Gráfico con zoom. Digital, polar y ortométrico. Precisión: 10 mm + 1 ppm a 20 Hz (0,05 seg.) actualización. Sin degradación por intervalos altos de actualización.
DGPS GX1230+ (GNSS), ATX1230+ GNSS, GX1220+ (GNSS) – estándar GX1210+ – opcional	DGPS, incluye soporte de MSAS, WAAS, EGNOS y GAGAN. Los formatos RTCM V2.1/2.2/2.3/3.0/3.1. soportados para transmisión y recepción. Emc línea base: normalmente 25 cm emc con la estación de referencia adecuada.	Funcionamiento sin controlador Sólo GX1200+	Encendido automático. Indicador de estado LED. Para estaciones de referencia y mediciones estáticas.
Intervalo actualización posición y latencia	Aplicable a RTK, DGPS y posiciones de navegación. Intervalo de actualización seleccionable desde 0,05 seg (20 Hz) hasta 1 seg. Latencia menor de 0,03 seg.	Registro de datos Las mismas tarjetas se usan para GNSS y TPS	En tarjetas CompactFlash: 256 MB y 1 GB Memoria interna del receptor (opcional): 256 MB.
Salida NMEA	NMEA 0183 V3.00 y Leica propietario.	Capacidad	64 Mb suficiente para (30 % menos para GPS/GLONASS): Aprox. 500 horas de registro de datos L1 + L2 a intervalos de 15 seg. Aprox. 2 000 horas de registro de datos L1 + L2 a intervalos de 60 seg. Aprox. 90 000 puntos RTK con códigos.
Post-proceso con el software Leica Geo Office Todos los receptores GPS1200+	Horizontal: 10 mm + 1 ppm, cinemático Vertical: 20 mm + 1 ppm, cinemático Horizontal: 5 mm + 0,5 ppm, estático Vertical: 10 mm + 0,5 ppm, estático Para líneas largas con observaciones largas Horizontal: 3 mm + 0,5 ppm, estático Vertical: 6 mm + 0,5 ppm, estático	Gestión de datos Lo mismo para GNSS y TPS	Gestión de trabajo definible por el usuario. Identificadores de punto, coordenadas, códigos atributos, etc. Rutinas de búsqueda, filtrado y visualización. Promedio multipuntos. Cinco tipos de sistemas de codificación que cubren todos los requisitos.
Notas sobre funcionamiento y precisiones	Las figuras ofrecidas son para condiciones de normales a favorables. El funcionamiento y las precisiones pueden variar dependiendo del número de satélites, geometría de satélites, hora de observación, efemérides, ionosfera, multipath etc.	Sistemas de coordenadas Lo mismo para GNSS y TPS	Elipsoides, proyecciones, modelos geoidales, coordenadas, transformaciones, parámetros de transformación, sistemas de coordenadas específicos del país. Soporta RTCM 3.1 transferencia sistemas de coordenadas
		Programas de aplicación Lo mismo para GNSS que TPS	Estándar: todas las funciones de COGO. Punto oculto. Opcional: Avance, Línea de referencia, Replanteo MDT, Plano de referencia, División de área y Levantamiento de sección X, Exportación DXF, Exportación LandXML y Cálculos de volumen
		Programable Lo mismo para GNSS y TPS	Programable por el usuario en GeoC++. Los usuarios pueden escribir y cargar programas para sus propios requisitos y aplicaciones especiales.
		Comunicación Enlaces de datos	Se puede conectar uno o dos de los siguientes dispositivos: radiomódem, GSM, GPRS, CDMA. Se puede recibir o transmitir en diferentes frecuencias y/o formatos. Soporta Time slicing.