

2.1 INTRODUCCIÓN

En este segundo capítulo trataremos de abordar de un modo más o menos exhaustivo el funcionamiento del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), dado que su conocimiento se hace necesario para el correcto seguimiento de esta memoria. Comenzaremos explicando como un determinado receptor es capaz de calcular su posición, o más concretamente la de su antena receptora, a través de una serie de tramas y de los distintos satélites orbitantes sobre la atmósfera terrestre. Posteriormente y para completar dicha información, dedicaremos algunos párrafos a familiarizarnos con el funcionamiento de los equipos de GPS en modo diferencial, puesto que la implementación de nuestra aplicación ha sido orientada en todo momento a este modo de funcionamiento.

Una vez descrito el funcionamiento del sistema GPS, nos centraremos en conocer el receptor con el que se va trabajar, en este caso los OEM4 RT-2 de Novatel. Describiremos las principales características de dichos receptores, incluyendo aquellas funciones destinadas a facilitar el uso de la tarjeta en un sistema GPS diferencial.

2.2 FUNCIONAMIENTO GPS

En primer lugar recordaremos ciertos conceptos de las matemáticas geométricas. Supongamos que queremos conocer la posición exacta de un punto 'X'. Para ello partiremos de la posición de unos cuantos puntos de referencia y de la distancia existente entre estos y el punto a calcular. Con estas premisas y el número suficiente de puntos de referencia debería ser posible hallar con precisión la posición de 'X'. Pero ¿cuántos puntos de referencia serán necesarios?

De las leyes trigonométricas se deduce que con 3 puntos de referencia, la posición de 'X' queda reducida a dos únicas posibilidades. Matemáticamente deberíamos usar un punto de referencia más con el fin de descartar la solución falsa de entre las dos posibilidades. Pero la propia naturaleza del GPS nos ahorrará en un principio este último punto de referencia para luego obligarnos a tomarlo por otro motivo que explicaremos más adelante.

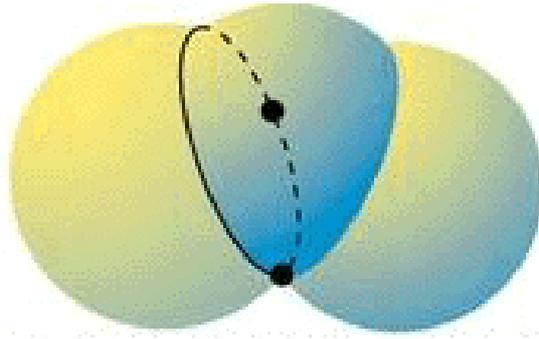


Imagen 2.1 : Cálculo de un punto a partir de las distancias a tres puntos

24 son los satélites que componen el llamado Segmento Espacial o NAVSTAR, nombre con el que se conoce a la constelación de satélites de GPS. Toda la constelación se encuentra orbitando a una altura aproximada de 20.200 Km. (unos 15.000 Km. por debajo de la órbita geoestacionaria), lo que ocasiona que cada satélite tarde unas 12h en dar una vuelta al planeta. Este hecho es aprovechado para realizar ajustes en los satélites con un periodo mínimo de 12h, haciendo uso de lo que se conoce como el Segmento de Control.



Imagen 2.2 : Representación gráfica del segmento espacial NAVSTAR

Dicho segmento está compuesto por 5 estaciones de referencia (Colorado Springs, Hawaii, Ascension, Diego Garcia y Kwajalein), siendo una de ellas la estación maestra (Colorado Springs) y 3 estaciones de carga de datos en sentido ascendente (Ascensión, Diego Garcia, Kwajalein). El funcionamiento es sencillo. Las estaciones de referencia están constantemente monitorizando datos relativos a los satélites, como por ejemplo lo que se conoce como efemérides de los satélites, y datos de almanaque.

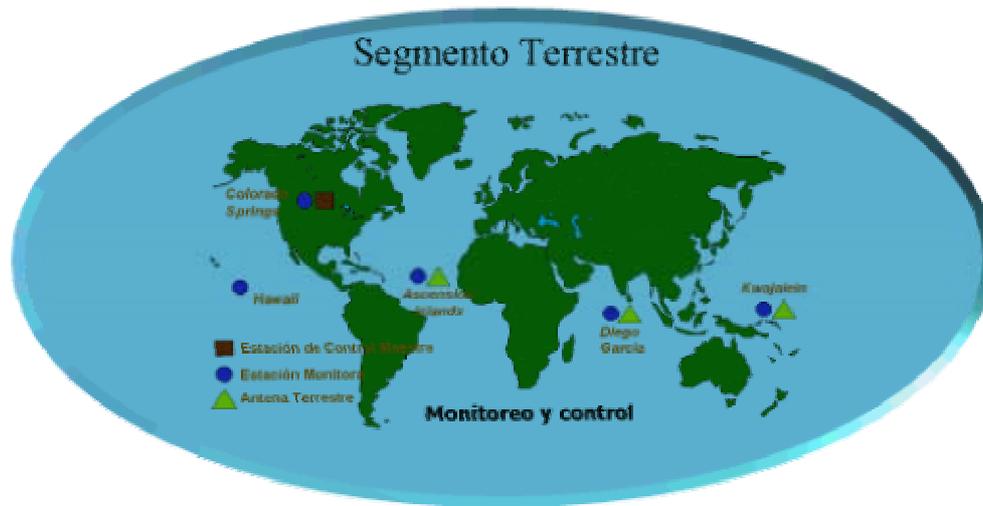


Imagen 2.3 : Representación gráfica del segmento de control

Las efemérides de los satélites son los parámetros que describen la órbita de cada satélite, y en el almanaque de cualquier satélite podemos encontrar la posición aproximada de todos los satélites de GPS, estos datos serán muy útiles para que los receptores puedan calcular su posición.

Todos los datos recogidos por las estaciones de referencia (denominadas así porque se conoce la posición exacta y precisa de cada una de ellas), serán enviados a la estación de referencia maestra, que realizará una serie de cálculos para recalculer las efemérides de los satélites, ya que éstas varían constantemente debido por ejemplo a los efectos gravitacionales de la Luna y el Sol. Una vez terminado el cálculo, estos datos se pasarán a las estaciones de carga de datos para que sean enviados a todos los satélites de NAVSTAR.

Cada uno de los satélites está equipado con un reloj atómico de Cesio, que le permite tener una medida muy precisa del tiempo. Constantemente cada satélite radia hacia la Tierra la posición que cada uno de ellos calcula como propia, teniendo en cuenta los datos que se le envían desde las estaciones de carga de datos. Además de esto, se envían otro tipo de datos como puede ser por ejemplo el momento en el que dicha posición fue calculada y radiada hacia la Tierra o el almanaque del satélite, para que el receptor tenga más facilidades a la hora de buscar el resto de satélites de NAVSTAR.

El receptor de GPS usa la posición de cada satélite como punto de referencia geométrico, y mediante complejos mecanismos de sincronización, es capaz de usar los datos de tiempo del satélite para calcular la distancia a la que se encuentra de éste. Hecho esto y con los datos recopilados de tan solo 3 satélites, podremos situar dos puntos en un entorno tridimensional, uno de los cuales nos indica la posición de nuestra antena. No obstante sólo uno de los 2 puntos se encuentra por debajo de la “corteza esférica” descrita por NAVSTAR, por lo que el otro queda descartado.

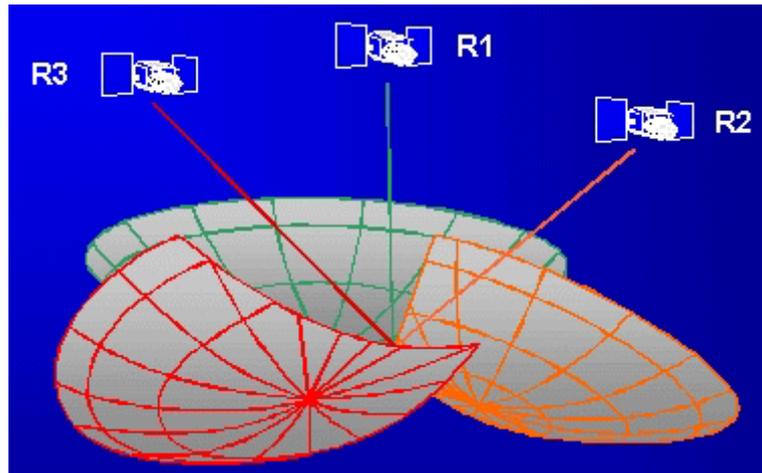


Imagen 2.4 : Cálculo de la posición a partir de tres satélites

Aunque esta simplificación nos haya limitado el número necesario de satélites a 3, los complejos mecanismos de sincronización mencionados anteriormente, obligan al receptor a captar los datos de un cuarto satélite para poder sincronizarse con el reloj atómico de los satélites. Esto se realiza para corregir los desfases entre los relojes de los satélites y de los receptores, ya que estos últimos son menos precisos para reducir costes.

El retardo en la recepción, se puede considerar más o menos constante, puesto que el tamaño de las tramas no varía mucho y además el medio de transmisión es el mismo para todos los satélites. En cambio, el problema es más acentuado a la hora de procesar la información, puesto que el tiempo empleado en hacerlo puede variar bastante. Esta incertidumbre produce un cierto error a la hora de calcular la posición, y esto a su vez se traduce en la necesidad de utilizar un cuarto satélite para el cálculo de la posición. Este retardo produce un error en la medida de la distancia existente entre el satélite y el receptor, que en vez de dar lugar a una superficie esférica entrono a cada satélite, dará lugar a una corteza esférica, cuyo grosor está directamente relacionado con el error de la medición. Es relativamente fácil de comprobar que si aplicamos este efecto al cálculo de la posición con sólo tres satélites, en vez de obtener dos puntos, lo que resultará serán dos líneas de puntos. Debido a esto se hace necesario a la hora de calcular la posición, la distancia a un cuarto satélite que nos ayude a determinarla con mayor precisión.

Éste es el motivo de que cualquier receptor de GPS requiera un mínimo de 4 satélites captados para poder dar una estimación de la posición de su antena. Si existiera un exceso de satélites, los datos proporcionados por estos satélites se usarían para mejorar la calidad de la medida usando algún método de promediado tridimensional.

Los datos de los satélites son radiados a la Tierra en forma de tramas de datos digitales, usando técnicas de espectro expandido en dos portadoras distintas denominadas L1 y L2. L1 está centrada en 1575.42 MHz y se encuentra modulada por el código C/A y por el código-P y provee al usuario de lo que se conoce como SPE o Servicio de Posicionamiento Estándar (en inglés SPS). L2 usa una banda centrada en 1227.6 MHz y una modulación en código-P. Las especificaciones de dicho código están clasificadas para uso estrictamente militar, de ahí que antiguamente los equipos

convencionales, como el RT-20, no trabajaran con esta frecuencia. Hoy en día, es posible trabajar con ambas, L1 y L2, de hay que la precisión de los equipos RT-2 sea mayor. No obstante, no podemos acceder a toda la información suministrada por la portadora L2 puesto que su uso sigue siendo, aunque en menor medida, limitado a uso militar. Mediante esta segunda frecuencia, por tanto, podemos disponer del Servicio de Posicionamiento Preciso o SPP (en inglés PPS).

Tal y como se puede entender por los nombres de cada servicio, el Servicio de Posicionamiento Preciso, permite obtener una medida de la posición mucho más precisa que la que nos pueda proporcionar el Servicio Estándar. Esta diferencia se debe a la utilización de las distintas señales: el código C/A para acceso civil y el código P para acceso militar.

Otra fuente de error es la Disponibilidad Selectiva (en inglés SA), que fue introducida por el departamento de defensa de los EE.UU. para evitar que cualquier usuario pudiera hacer uso de su sistema de posicionamiento con fines bélicos.

La estación maestra de referencia (Colorado Springs), introduce ciertos errores intencionados en los relojes y en los datos de las efemérides de los satélites para que sean retransmitidos a los receptores de GPS y estos calculen su posición en base a estos datos erróneos. Pese a que estos errores no se aplican constantemente, al usuario de un receptor le es imposible conocer cuando las tramas recibidas lo contienen o no.

Aunque para muchas de las aplicaciones de naturaleza civil como senderismo, cartografía o incluso para la conducción por carretera, dicho error puede no ser crítico, en otras cuantas aplicaciones este error es completamente inaceptable. Entre estas últimas encontramos por ejemplo los sistemas de aterrizaje y acercamiento a pista de muchos aeropuertos. Este tipo de aplicaciones y otras de índole similar son el motivo de que numerosos estudios se llevaran a cabo con el fin de poder alcanzar una mayor precisión en las medidas proporcionadas por un receptor de GPS en entornos civiles. Todos estos estudios dieron fruto en una nueva técnica conocida como GPS Diferencial.

2.3 FUNCIONAMIENTO DEL GPS DIFERENCIAL

La precisión con la que un receptor de GPS puede medir la posición se encuentra limitada por diversos factores. Uno de estos es el desajuste intencionado que se realiza en los parámetros de los satélites. Sin embargo, también hemos de hacer frente a otros tipos de errores no intencionados, inherentes a la naturaleza de la transmisión de las tramas.

Como explicamos antes, para poder calcular su posición, el receptor debe conocer la distancia existente entre cada satélite y su propia antena. Dicho cálculo se basa principalmente en calcular el tiempo que emplea una trama desde que es emitida por el satélite hasta que llega al receptor. Suponiendo el caso ideal en que el trayecto de la trama se hace en línea recta y la velocidad de propagación es constante el cálculo se presenta bastante sencillo y por lo tanto preciso. Sin embargo estas condiciones ideales

nunca se dan, y cualquier hecho que modifique alguna de ellas contribuirá a aumentar los errores en la medida.

Los factores más importantes son los que alteran la velocidad de propagación de la onda y los que de alguna u otra manera puedan falsear la medida de lo que se conoce como “tiempo de vuelo” de la señal.

Entre estos destacamos por ejemplo la presencia de nuestra atmósfera. Tanto la ionosfera como la troposfera son capaces de introducir importantes retrasos, debido a la gran presencia de partículas con carga electrónica en el primer caso y, en el segundo caso, a la gran cantidad de moléculas de agua (con dimensiones similares a la longitud de onda de la señal GPS) que dicha capa puede contener.

En entornos urbanos, también podemos destacar sobre todo, las distintas reflexiones que puede sufrir la señal hasta llegar a nosotros. Este efecto comúnmente se conoce como “multitrayecto” de la señal e influye tanto en la velocidad como en la trayectoria de la propagación y por lo tanto es capaz no sólo de retrasar nuestra señal sino también de multiplicarla y hacer que recibamos varias veces la misma trama.

A los dos inconvenientes citados anteriormente podemos sumar también otros que no tienen que ver con la propagación de la trama, pero que también producen errores. Mencionaremos algunos ejemplos como: la “presión” que las radiaciones solares ejercen sobre los satélites o los llamados “eclipses” producidos cuando el satélite en cuestión se encuentra en la línea que une los centros del Sol y la Tierra. Bajo esta última situación las radiaciones solares interfieren y anulan las frecuencias enviadas por el satélite, por lo que las medidas que pudiera proporcionar dicho satélite quedan inutilizadas.

La técnica de GPS diferencial intenta eliminar o mejor dicho cancelar estos errores, basándose en la idea de que las medidas proporcionadas por dos receptores relativamente cercanos tendrán errores muy similares, ya que ambos reciben tramas de los mismos satélites, y dichas tramas son tramas que han atravesado prácticamente el mismo medio heterogéneo.

Tras la cancelación de los errores no podremos conocer mejor la posición de cada receptor por separado, pero si podremos medir con mucha más precisión la posición relativa de ambos receptores, sin más que hallar la diferencia entre las medidas de ambos receptores.

Usando técnicas de GPS diferencial, es usual tener errores en las medidas relativas que rondan de los cm. Por lo que siempre y cuando tengamos los dos receptores relativamente cerca (< 50Km) podremos disponer de tal precisión.

Por lo general uno de los receptores se denominará base, y permanecerá fijo con una posición de referencia predeterminada, mientras que el otro (receptor móvil) podrá moverse con libertad y así conocer en todo momento su posición con respecto a la base de forma precisa.

El receptor móvil puede conocer además su posición global (en latitud, longitud y altura), atendiendo a las medidas que él mismo calcula a partir de las tramas llegadas de

los satélites, o también sumando a su posición relativa con respecto a la base, aquella posición que la base tiene como predeterminada.

Esta segunda forma resultará un poco más interesante, siempre y cuando, podamos proporcionar al receptor base unas coordenadas de su posición más precisas que las que obtendríamos usando técnicas de GPS simple. Por lo general nos podemos beneficiar del hecho de que el receptor base permanece inmóvil todo el tiempo. Sabiendo esto podemos dejar al receptor durante algunas horas o días calculando medidas de su propia posición. Posteriormente justo antes de poner en funcionamiento el receptor móvil le asignaremos como posición predeterminada una media o algún tipo de proceso más complejo de las medidas que han ido recopilando.

Mediante este procedimiento podemos eliminar los errores de posición que tengan naturaleza aleatoria, por lo que mejoraremos en gran magnitud la precisión de las coordenadas globales del receptor base y por lo tanto, mediante esta técnica, también las del receptor móvil.

Por lo general es el receptor base el que, teniendo en cuenta la posición predeterminada y la posición calculada a partir de los satélites, realiza una serie de cálculos destinados a producir las correcciones que, tras ser aplicadas a las posiciones calculadas por el receptor móvil, permiten obtener posiciones absolutas basadas en técnicas diferenciales, y por lo tanto mucho más precisas.

La práctica totalidad de los receptores que se encuentran en el mercado actualmente, están preparados para actuar de la forma descrita, y pueden ser configurados tanto en modo base como en modo móvil. Las correcciones calculadas pueden ser enviadas y recibidas en distintos formatos tanto estándares (RTCM, RTCA, NMEA ver punto 2.4) como propietarios.

Para este proyecto se usó un receptor de Novatel basado en su tarjeta “OEM4 RT-2”, cuyas características principales se resaltarán en los siguientes puntos.

2.4 DESCRIPCIÓN DEL RECEPTOR NOVATEL RT-2

Novatel es una empresa canadiense dedicada desde hace tiempo al diseño y fabricación de productos relacionados con el GPS. De dicho fabricante proviene el equipo usado en este proyecto, el receptor OEM4 RT-2.

A continuación describiremos brevemente algunas de sus características principales de este equipo, no obstante, para una mayor profundización en el estudio de este receptor, remitiremos al lector a la información suministrada por el fabricante.

Como ya hemos mencionado la tarjeta con la que se ha trabajado en este proyecto pertenece a la familia OEM4 de Novatel. Esta familia de tarjetas es un grupo de receptores de alto rendimiento de GPS, capaz de trabajar hasta con 24 canales a la vez y de comunicarse tanto a la frecuencia L1, o L1 y L2 modulada en código C/A, como en la frecuencia L2 modulada en código P, con hasta 12 satélites a la vez.

La familia de GPSCards OEM4 consiste en una tarjeta caracterizada por su gran flexibilidad de integración y configuración. Una vez conectada esta tarjeta a una fuente de alimentación, y conectado tanto la antena de GPS como el equipo que vamos a utilizar para la comunicación, que en este caso será un PC convencional, la tarjeta de GPS estará lista para comenzar a trabajar.

Existen dos tipos diferentes de GPSCards en la familia OEM4:

- OEM4-G2L
- OEM4-G2

Todas la GPSCards del a familia OEM4-G2 tienen una serie de características comunes, que por destacar algunas podríamos decir:

- Sincronización y sintonización paralela de hasta 24 canales
- Readquisición rápida de satélites
- Firmware actualizable
- Bajo consumo de potencia
- Tasa de medidas de hasta 20 Hz
- Monitorización de tensiones y temperature en la placa

Cualquiera de los modelos disponibles de esta familia son capaces de trabajar como mínimo, de cualquiera de los siguientes modos de funcionamiento:

- Exclusivamente con la frecuencia L1
- L1/L2
- L1 + RT-20
- L1/L2 + RT-2
- L1 + Satellite-Based Augmentation System (SBAS)
- L1/L2 + SBAS

Por otro lado, los modelos que trabajan con frecuencia dual son capaces además de conseguir:

- Mayores distancias del móvil a la base en posicionamiento en modo diferencial, debido a la reducción de errores atmosféricos.
- Una resolución más rápida de las ambigüedades en el ciclo de la portadora al realizar el posicionamiento en modo RTK

En este proyecto, la GPSCard con la que se ha trabajado ha sido la OEM4-G2, que es la que aparece en la siguiente figura.

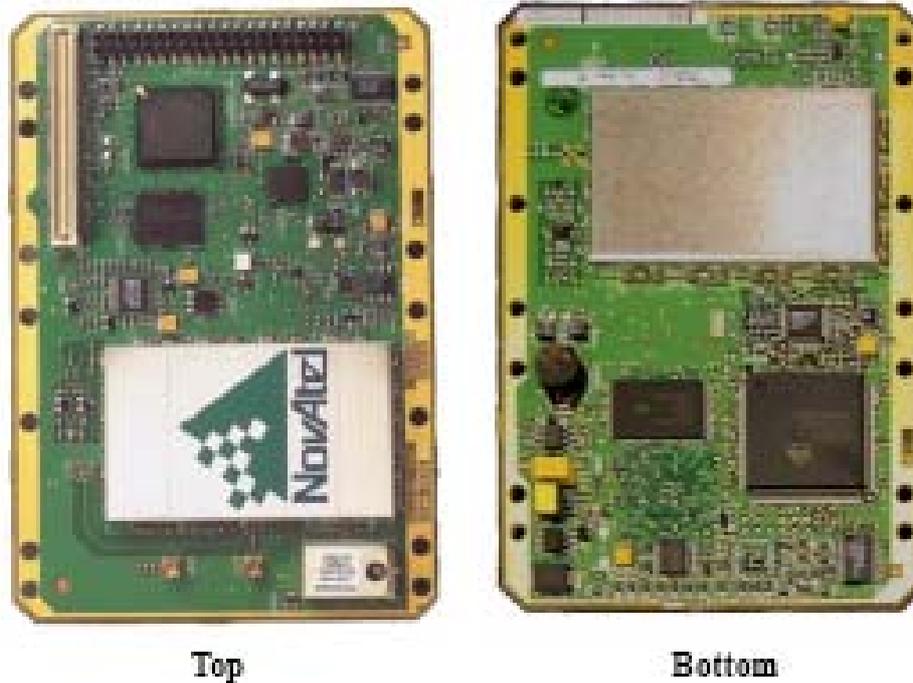


Imagen 2.5 : Tarjeta OEM4 RT-2 de Novatel

No vamos a detenernos en una explicación detallada de cada componente de la tarjeta, dado que no ha sido necesario su conocimiento a la hora de la realización del proyecto. Esto se ha debido a que la GPSCard ha estado, casi en todo momento, introducida en su encapsulado. Dicho encapsulado viene representado en las siguientes imágenes, y como se puede apreciar, permite un uso bastante simple del equipo receptor puesto que es única y exclusivamente una carcasa que recubre la placa, a la que se le ha añadido una pequeña circuitería que nos va a permitir conectar de modo fácil y rápido la antena del GPS, los puertos (mediante conectores DB-9) y la fuente de alimentación (4.5 a 18V). Esta pequeña circuitería tampoco se va a mostrar por el mismo motivo por el que no se describe la tarjeta de GPS.

En el lado frontal del encapsulado podemos apreciar un interruptor, este se encargará de encender o apagar el equipo. Además del interruptor podemos ver cuatro LEDs. El primero por la izquierda, de color verde, permanecerá encendido de modo permanente cuando se estén inicializando las comunicaciones. Una vez la comunicación se haya establecido, y en caso de que se haya hecho de modo satisfactorio, el LED pasará a parpadear con una frecuencia de un 1Hz. El resto de LED no se encenderán en ningún momento puesto que han sido deshabilitados físicamente en el interior del encapsulado. No obstante, estos LED hacían referencia a la transmisión y recepción de caracteres en los diferentes puertos y a la alimentación del equipo.



Imagen 2.6 : Vista dorsal y frontal del receptor RT-2



Imagen 2.7 : Receptor NOVATEL RT-2



Imagen 2.8 : Receptor NOVATEL RT-2

2.5 MODOS DE OPERACIÓN.

Ya hemos dicho que el receptor utilizado, OEM4 RT-2, es capaz de trabajar con las dos frecuencias L1 y L2 a la vez. Esto nos permitirá obtener una mayor precisión a la hora de calcular nuestra posición. Por otro lado, el funcionamiento en modo diferencial también nos permitirá aumentar la precisión de nuestros cálculos. Para el cálculo de la posición existen diferentes métodos, no obstante en este apartado nos centraremos únicamente en dos de ellos, Pseudorange Differential y Carrier-Phase Differential, puesto que estos son los que utiliza nuestro receptor y además, son los únicos orientados al funcionamiento de los equipos en modo de posicionamiento diferencial.

Una característica común, de los algoritmos basados en el funcionamiento diferencial, es que la precisión de los cálculos aumenta a medida que crece el número de satélites visualizados simultáneamente por la base y la estación móvil. Una segunda particularidad que puede hacer aumentar la precisión de nuestros cálculos es el hecho de presentar una distribución de los satélites favorable. A continuación describiremos por separado ambos métodos de posicionamiento.

2.5.1 Pseudorange Differential.

Pseudorange Differential es un algoritmo de posicionamiento diferencial que consiste en el cálculo de una correlación entre el código pseudoaleatorio recibido desde un satélite determinado y una versión generada en la propia estación base. El retraso existente entre las dos versiones, multiplicado por la velocidad de la luz, produce la medida de pseudorange entre un satélite determinado y la estación base. A partir de cuatro de estos pseudoranges, la estación base podrá computar su posición (en tres dimensiones) y el offset requerido para sincronizar su reloj con el sistema de tiempo GPS. La diferencia entre la Posición que acaba de calcular la estación base y la que

tiene fijada es debida a los errores presentes en cada pseudorange. La base sumará todos estos errores y los medirá para enviarlos a las estaciones móviles que se encargarán, a su vez de aplicar dichas correcciones con idea de mejorar la precisión de sus cálculos.

2.5.2 Carrier-Phase Differential.

Los algoritmos Carrier-Phase monitorizan no sólo el código pseudoaleatorio sino también la señal portadora del mismo. Estos algoritmos son los mas usados en RTK (real-time Kinematic). Comparados con Pseudorange Differential dan un cálculo de la posición mucho más certero llegando a dar precisiones de entorno a 1-2cm (CEP).

2.6 PRESTACIONES EN MODO RT-2

A continuación se encuentran una serie de tablas, en las que podemos apreciar las características principales de este tipo de correcciones. Estas tablas han sido suministradas directamente por el fabricante. No abordaremos en mayor medida estas correcciones puesto que no ha sido necesario a la hora de la realización del proyecto y por lo tanto no tendría sentido.

Baseline length	Time since L2 lock-on with at least 6 satellites above mask angle	Horizontal accuracy at the stated time	Runs meeting the stated accuracy at the stated time
< 10 km	70 seconds + 1.5 sec/km	2 cm + 0.5 ppm	75.0%
< 10 km	5 minutes	1 cm + 1 ppm	75.0%
< 15 km	4 minutes	5 cm	66.7%
< 25 km	7 minutes	7 cm	66.7%
< 35 km	10 minutes	35 cm	66.7%
< 35 km	30 minutes	25 cm	66.7%

Tabla 2.1:RT-2 Características en modo estático

Baseline length	Time since L2 lock-on with at least 6 satellites above mask angle	Horizontal accuracy at the stated time	Runs meeting the stated accuracy at the stated time
< 10 km	120 seconds + 1.5 sec/km	2 cm + 0.5 ppm	75.0%
< 15 km	8 minutes	8 cm	66.7%
< 25 km	14 minutes	10 cm	66.7%
< 35 km	20 minutes	40 cm	66.7%
< 35 km	60 minutes	25 cm	66.7%

Tabla 2.2: RT-2 Características en modo Kinematic

Data Delay (sec)	Distance (km)	Accuracy (CEP)
0 - 2	1	+1 cm/sec
2 - 7	1	+2 cm/sec
7 - 30	1	+5 cm/sec
>30	1	single point or pseudorange differential positioning ²

¹ Mode = Static or Kinematic

² After 30 seconds reverts to pseudorange positioning (single point or differential depending on messages previously received from the base station).

Tabla 2.3: RT-2 Degradación con respecto al retraso de los datos

2.6.1 Comparativa entre RT-20 y RT-2

Los algoritmos RTK de Novatel usan tanto la portadora como las medidas de pseudorange para el cálculo de la posición, de este modo las soluciones encontradas son bastante robustas, certeras y rápidas. Los principios de funcionamiento del RT-2 y del RT-20 son prácticamente los mismos, la diferencia fundamental consiste en que RT-2 consigue una mayor certeza y precisión debido a que es capaz de trabajar con la conocida frecuencia dual (L1 y L2 al mismo tiempo). Podemos apreciar estas mejoras observando las tablas comparativas entre RT-2 y RT-20 suministradas por el fabricante que se muestran a continuación.

	RT-2	RT-20
GPS Frequencies Utilized	L1 & L2	L1
Nominal Accuracy	2 cm (CEP)	20 cm (CEP)
Lane Searching	Wide lane and narrow lane	None

Tabla 2.4: RT-2 Comparación entre RT-2 y RT-20

Message Formats	Transmitting (Base)	Receiving (Rover)	Accuracy Expected
L1 and L2 RTK: RTCAOBS with RTCAREF RTCM Types 18 and 19 with Types 3 and 22 CMROBS with CMRREF	L1 and L2	RT-2	2 cm CEP (RT-2)
		RT-20	20 cm CEP (RT-20)
	L1 only	RT-2 or RT-20	20 cm CEP (RT-20)
L1 RTK: RTCM Type 59 with Type 3	L1 and L2 or L1 only	RT-2 or RT-20	20 cm CEP (RT-20)
L1 Pseudorange Corrections: RTCM Type 1 RTCA Type 1	L1 and L2 or L1 only	Any differential enabled OEM4	1 m SEP (DGPS)

Tabla 2.5: **Sumario de los mensajes RTK y su precisión**