



Post-Procesado Absoluto (PPP) y Diferencial (Relativo) de observaciones GNSS usado equipos POLARIS S100 o ALLYNAV R26 a través de software libre RTKLIB

Versión 3.0
Junio 20, 2023



info@polaris-gnss.com

<https://www.allien-gnss.com>



CONTENIDO

1.	PRINCIPIOS BÁSICOS A CONSIDERAR PARA EL POSICIONAMIENTO	3
1.1	POSICIONAMIENTO DIFERENCIAL	3
1.1.1	Puntos de alta precisión:	3
1.1.2	Puntos de precisión:	4
1.2	POSICIONAMIENTO PUNTUAL PRECISO (PPP)	5
2.	RTKLIB Y SUS MÓDULOS.....	5
3.	CONVERTIR ARCHIVO NATIVO A RINEX.....	7
4.	POST PROCESO MEDIANTE PPP	13
4.1	OBTENCIÓN DE MODELOS DE CORRECCIÓN.....	13
4.2	CONFIGURACIÓN PARA EJECUTAR PPP.....	16
5.	POST PROCESO DIFERENCIAL	25



1. PRINCIPIOS BÁSICOS A CONSIDERAR PARA EL POSICIONAMIENTO

Existen diversos métodos de posicionamiento GNSS con sus respectivas técnicas de obtención de datos y postprocesos. No obstante, este documento se enfoca principalmente en el **postproceso del posicionamiento Diferencial y Absoluto** (corrección por modelos), es decir al Static / Fast Static y Posicionamiento Puntual Preciso (PPP), respectivamente.

Se debe considerar, que en función al tipo de posicionamiento que se realice en campo se obtendrán puntos de precisión (medidas centimétricas) o de alta precisión (medidas milimétricas). Para alcanzar estas medidas se debe considerar los siguientes aspectos:

1.1 POSICIONAMIENTO DIFERENCIAL

1.1.1 Puntos de alta precisión:

Para posicionar un punto de alta precisión, el usuario deberá enlazarse a una Red Geodésica de primer o segundo orden.

- Para el caso de un Red de primer orden se deberá usar a la Red Geodésica Nacional de monitoreo continuo REGME del IGM, donde el usuario se enlazará a **dos estaciones** de monitoreo continuo como referencia, para verificar la consistencia de la red, la precisión de línea base, los cierres de figura y el ajuste de la Red. Dicho enlace estará en función a la distancia de la línea base entre el punto del usuario y la REGME, el cual a su vez depende del tiempo de rastreo.

Para el cálculo del tiempo mínimo de rastreo en función de la línea base es definida por:

$$30 \text{ minutos} + 2 \text{ minutos} * \text{Cada km de línea base}$$

Considerar como calculo la línea base máxima entre los vértices formados por el punto de interés y la REGME. Cabe destacar que la REGME tiene una densidad aproximada de cada 50 km. Por lo tanto, un usuario podrá tener en dicho rango al menos una estación de monitoreo continuo en cualquier parte del país.

El sistema de referencia horizontal utilizado para las coordenadas fijas de las bases REGME, es el ITRF2008, época de referencia 2016.43.

- Para el caso de un Red de segundo orden se puede usar una Red Geodésica local ya sea municipal o regional (es mandatorio que dicha red haya sido enlazada y densificada a partir de la REGME) pero de igual forma se deberá **enlazar a dos vértices** de referencia de dicha Red. El posicionamiento y el cálculo del tiempo de rastreo es similar al anterior descrito (tabla 1), con la única diferencia que estas líneas bases serán más cortas, por ende, sus tiempos de rastreo igual.



Equipo técnico	Equipo GNSS de doble frecuencia, como POLARIS S100 o Allynav R26
Tipo de posicionamiento	Static Diferencial
Estaciones de monitoreo continuo utilizadas	Dos más cercanas al punto de interés
Distancia línea base	Línea máxima entra la trilateración formada entre punto de interés y las dos estaciones REGME
Número de satélites enganchados	Se recomienda entre 10 a 16, como mínimo
Tiempo de recepción	Definir con la ecuación mencionada
Ángulo de enmascaramiento	10 grados
Intervalo de grabación	1 Segundo
GDOP	< 5
Correcto nivelado y centrado de la antena sobre el punto, considerando que el eje vertical de la antena sea perpendicular al centro geométrico del punto a determinarse.	
SIN IMPORTAR EL TIPO DE ENLACE QUE SE HAGA, SIEMPRE DEBE EXISTIR TIEMPOS EN COMUN ENTRE VERTICES BASE Y PUNTOS DE INTERES	

Tabla 1: Ejemplo de tiempo de rastreo para puntos de precisión enlazados a red de primer y segundo orden

1.1.2 Puntos de precisión:

Estos puntos pueden ser usados para levantamientos topográficos o simplemente para el posicionamiento de un punto GNSS de manera rápida. De igual forma deberán estar enlazados a una Red geodésica de primer o segundo orden, con la diferencia que el **punto de interés estará enlazado a 1 vértice** de la red. A este tipo de enlaces en donde se usa 1 punto de referencia (vértice de una red) se lo denomina punto radial.

Para el posicionamiento de un punto radial se puede realizar observaciones mediante el método Fast Static, mismo que se caracteriza por tiempos cortos de rastreo. Sin embargo, se debe considerar que este método de posicionando es viable exclusivamente cuando se encuentran disponibles 4 o más satélites con un GDOP < 5.

Como ya se mencionó el Fast Static, reduce el tiempo de observación a intervalos de 15 a 20 minutos, pero esto dependerá de que la longitud de la línea base, la cual se caracteriza por ser inferior a los 3 km de distancia (máximo 5 km) y de los efectos ionosféricos y troposféricos.

Para mediciones en Fast Static, puede resultar ventajoso incrementar los periodos de observación en caso de; presentar pocos satélites (5 o 6), condiciones troposféricas adversas (objetos que



generen multipath, lluvia, entre otros) o alta incidencia de radiación solar (perturbaciones ionosféricas).

En términos generales el método Estático Rápido permite obtener precisiones centimétricas relacionadas directamente a la distancia de la línea base:

Equipo técnico	Equipo GNSS de doble frecuencia, como POLARIS S100 o Allynav R26
Tipo de posicionamiento	Fast Static
Longitud máxima de línea base	3 a 5 km
Número mínimo de satélites enganchados	5
Tiempo de recepción	15 a 20 minutos
Ángulo de enmascaramiento	10 grados
GDOP	< 5
Correcto nivelado y centrado de la antena sobre el punto, considerando que el eje vertical de la antena sea perpendicular al centro geométrico del punto a determinarse.	
Correcta orientación de la antena, de forma que señale al norte magnético.	

Tabla 2: Ejemplo de tiempo de rastreo para radiales enlazados a redes de primer o segundo orden.

1.2 POSICIONAMIENTO PUNTUAL PRECISO (PPP)

En termino simples el PPP, permite determinar la posición de un punto con un único receptor GNSS (punto absoluto), el cual es corregido por medio de varios modelos. Los cuales tienen como objetivo mejorar la precisión de la observación sin necesidad de recurrir a técnicas de posicionamiento diferenciales.

Para ello, se utiliza los observables de código y fase, en doble frecuencia, datos de órbitas precisas (efemérides) y datos de reloj de satélite, correcciones ionosféricas, cargas oceánicas y correcciones de antenas como los que proporciona el IGS (International GNSS Service).

A continuación, el presente documento detallará un manual concreto del uso del software libre RTKLIB el cual está conformado por varios módulos. Este software es utilizado para post procesar los tipos de posicionamientos ya mencionados (puntos diferenciales y PPP).

2. RTKLIB Y SUS MÓDULOS

RTKLIB es un paquete de programas (módulos) de código abierto para posicionamiento GNSS, de origen japonés el cual es interoperable en plataformas como Windows, Linux y Android.

Algunas características de RTKLIB:



- Admite algoritmos de posicionamiento estándar y precisos con: GPS, GLONASS, Galileo, QZSS, BeiDou y SBAS.
- Admite varios modos de posicionamiento con GNSS tanto para tiempo real como para postprocesamiento: Único, DGPS / DGNSS, Cinemático, Estático, Línea de base móvil, Fijo, PPP-Cinemático, PPP-Estático y PPP-Fijo
- Admite muchos formatos y protocolos estándar para GNSS.
- Es compatible con los mensajes de propiedad de varios receptores GNSS.
- Admite comunicación externa a través de: Serie, TCP / IP, NTRIP, archivo de registro local (grabación y reproducción) y FTP / HTTP (descarga automática)
- Proporciona muchas funciones de biblioteca y API para el procesamiento de datos GNSS.

El software está disponible para su descarga en su página oficial y en la página de ALLIEN GNSS. Sin embargo, se debe considerar que la versión 2.4.2 es la versión más estable, pero también existen las versiones 2.4.2 pXX con los parches más nuevos y la versión 2.4.3 bXX. Estas últimas dos son versiones en desarrollo o beta con implementaciones experimentales.

<http://www.rtklib.com/>

<https://www.allien-gnss.com/>

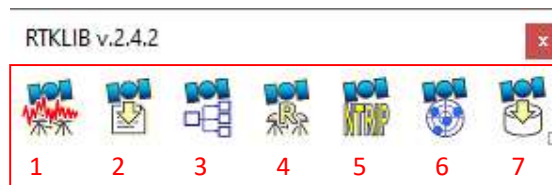
El presente documento recomienda descargar las versiones 2.4.2 y 2.4.3 v.demo5 b31a, esta última disponible en nuestra página web ALLIEN GNSS. Una vez descargadas ambas versiones se debe ejecutar el RTKLAUNCH.exe, mismo que se encuentra en la siguiente dirección:

C:\Users\ USUARIO\Desktop\rtklib_2.4.2_bin\rtklib_2.4.2\bin (para versión 2.4.2)

C:\Users\USUARIO\Desktop\1. Software Rtklib demo 5b13a (para versión 2.4.3 v.demo5 b31a)

Nota: Estas direcciones variarán en función del path que se le dé al descomprimir el software.

Una vez iniciado, se desplegará la siguiente barra de herramientas, la cual contiene los 7 módulos que conforman el software RKTLIB (ambas versiones presentan mismos módulos y misma configuración al momento de ser ejecutada).



De estos módulos, para postprocesar de manera Diferencial y PPP, solo se utilizarán: RTKCONV, RTKPOST y RTKGET.



MÓDULOS RTKLIB	FUNCIÓN
RTKPLOT (1)	Visualizador de soluciones
RTKCONV (2)	Conversor RINEX
STRSVR (3)	Servicios de comunicaciones
RTKPOST (4)	Posicionamiento en post-proceso
NTRIP Browser (5)	Navegador NTRIP
RTKNAVI (6)	Posicionamiento en tiempo real
RTKGET (7)	Descarga de productos y datos GNSS

Tabla 3: Resumen de la función de los módulos de RTKLIB

A continuación, este manual de usuario del software libre RTKLIB se centrará en:

- Conversión de archivos nativos del equipo doble Frecuencia POLARIS S100 o Allynav R26
- Postproceso mediante PPP
- Postproceso Diferencial

3. CONVERTIR ARCHIVO NATIVO A RINEX

Una vez que el usuario haya descargado el archivo nativo de la antena POLARIS S100 (extensión .rtcm) o Allynav R26 (extensión .dat), se utilizará el módulo **RTKCONV** de la última versión disponible de RTKLIB (v.demo5 b31a) para poder convertir el mencionado archivo nativo en un formato universal de transferencia de datos GNSS, es decir RINEX.

Nota: Se recomienda utilizar la versión RTKLIB v.demo5 b31a, para la conversión a formato Rinex, debido que la versión RTKLIB 2.4.2 no contiene los parches más nuevos para la correcta transformación de algunos nativos.



Al dar clic sobre el módulo RTKCONV, se desplegará la siguiente ventana en donde primero es necesario configurar los datos generales del Rinex (1), Como se muestra en la figura 1a.

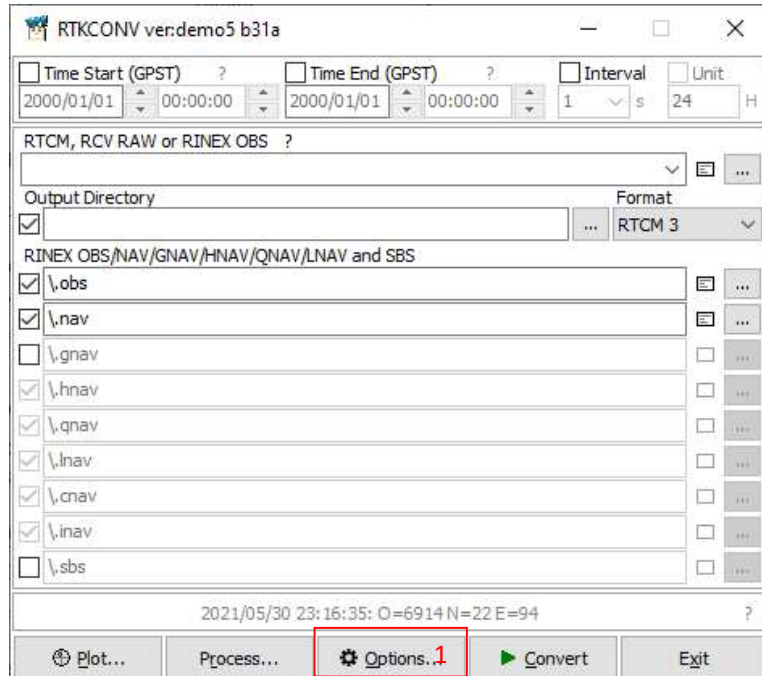
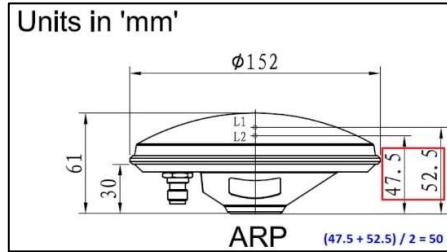


Figura 1a.

A continuación, en la figura 1b se despliega las opciones que se deberá llenar para la creación del Rinex, siendo estas las siguientes:

- (1) En este desplegable, se debe seleccionar la versión de rinex 2.11 debido a que esta es la más estable y tiene la mejor interoperabilidad entre softwares de postproceso.
- (2) En esta venta se coloca el nombre que se le desea dar al Rinex
- (3) Esta ventana se llena los datos de quien crea el rinex, por quien fue observado el dato nativo y finalmente que agencia lo hizo.
- (4) En estas ventas se llenan los datos del receptor (nombre, tipo, versión) y la antena (nombre, tipo) utilizadas para observar el punto GNSS.
 - (4.1) En estas ventas se ingresa las coordenadas de los centros de fase de la antena (S100 o R26).
 - Para la antena Polaris S100 dichas coordenadas son: (H: altura del piso a la base de la antena ARP + 5 cm, E: 0.000, N: 0.000).
 - Para la antena Allynnav R26 dichas coordenadas son: (H: altura del piso a la base de la antena ARP + 8.2 cm, E: 0.000, N: 0.000).



Centro de Fase Polaris S100



Centro de Fase Allynnav R26

(5) En las siguientes viñetas se selecciona las constelaciones que deseamos que contenga el Rinex, en este caso se recomienda las más activas, es decir GPS y GLONASS.

(6) Finalmente en las siguientes viñetas se selecciona los tipos de observaciones (señales) y las frecuencias que deseamos filtrar para el Rinex. Esta parte se recomienda dejarla por defecto.

Figura 1b.

Una vez terminada la configuración, se da clic en “ok” para proceder a cargar los archivos nativos, identificación del formato del mismo y dar una ruta de salida a los archivos de navegación y observación que conformarán el Rinex, como se muestra en la Figura 1c.

(1) En esta ventana se busca y carga el archivo nativo descargado de la antena Polaris S100 o de la antena Allynnav R26, nativo extensión .rtcm y nativo extensión .dat, respectivamente.

(2) En esta venta se debe dar la ruta o path de salida de los archivos rinex



(3) En este desplegable se debe buscar e identificar el formato del nativo que se desea convertir a Rinex, en este caso para ambas antenas (S100 y R26) será RTCM3. Es muy importante que se seleccione correctamente el formato del nativo en esta opción, ya que puede dañar el rinex al ser generado.

(4) Finalmente en estas ventanas el software dará de manera automática el path de salida de los archivos de Observación (.obs) y Navegación (.nav) que conforman el Rinex.

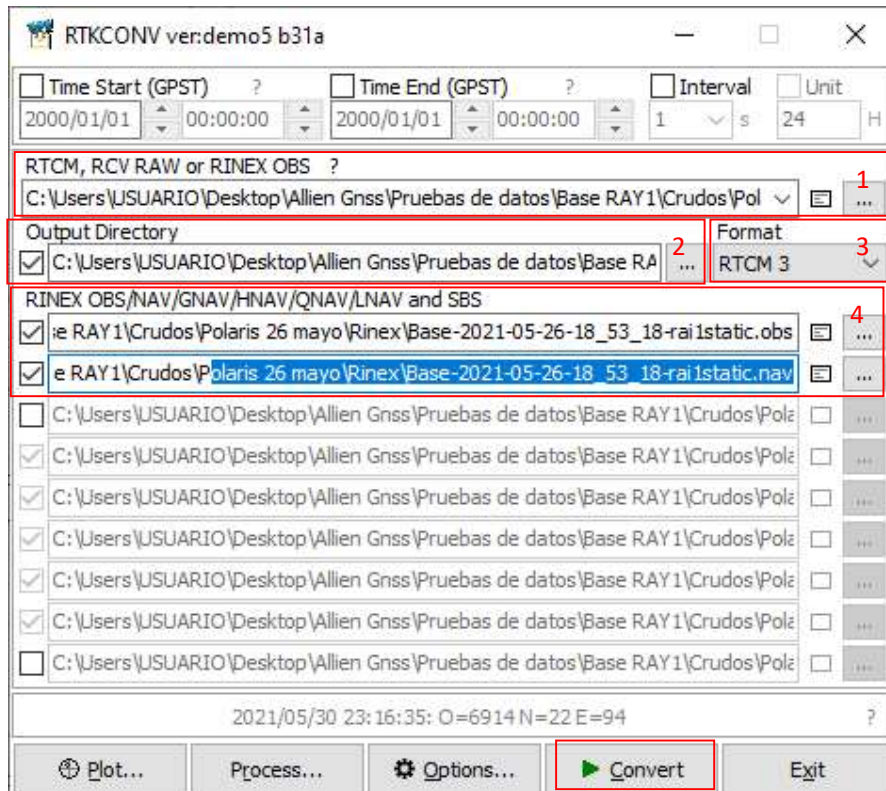


Figura 1c.

Nota: Los path descritos en esta figura y en las por venir, serán subjetivas ya que cada usuario tendrá una dirección diferente dependiendo en donde haya guardados los datos, al igual de donde desee guardar los resultados.

Después de dar clic en “Convert”, se desplegará la siguiente ventana (figura 1d), en donde se deberá dar clic en “File Time” para que de manera automática seleccione el intervalo de rastreo que posee el archivo nativo dat. Esto solo aplica para el Allynav R26, ya que para Polaris S100, se debe ingresar la fecha del día del rastreo, para finalmente dar clic en OK (no es necesario ingresar las horas de rastreo).

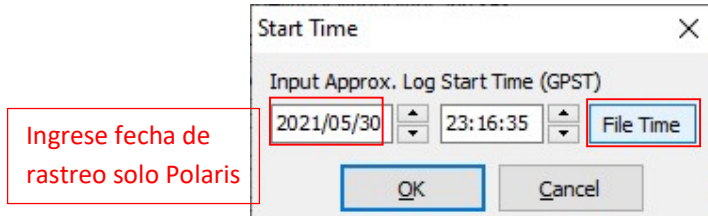
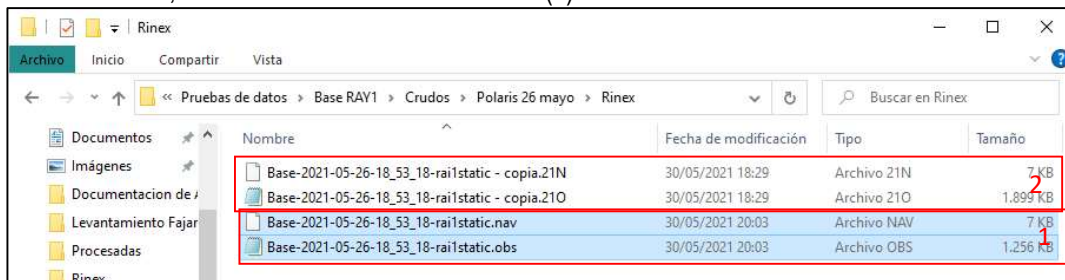


Figura 1d.

Para concluir con esta sección del documento, el usuario deberá ir a la dirección de salida que configuro para los datos de Observación (.obs) y Navegación (.nav) y comprobar que estos se encuentren ahí, como se muestra a continuación (1):



De ser necesario, cambiar la extensión del archivo de Observación. obs a .xO (x= al año de rastreo, en este ejemplo es 21O), al igual que el archivo de navegación (de .nav a xN). El motivo para hacer esto, es que algunos softwares de postproceso solo reconocen las extensiones O y N para Rinex (2).

Nota: Se recomienda hacer una copia de los dos archivos obtenidos antes de cambiar su extensión, por motivos de seguridad ya que al cambiar la extensión (de manera errónea) se podría corromper el archivo.

Finalmente abrimos el archivo de Observación en un Bloc de notas txt para verificar la estructura y los datos del Rinex generado a partir del nativo rtm.



www.allien-gnss.com

```

Base-2021-05-26-18_53_18-rai1static.obs: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
  2.11      OBSERVATION DATA   G (GPS)      RINEX VERSION / TYPE
RTKCONV demo5 b31a rainiero    20210531 010348 UTC PGM / RUN BY / DATE
log: C:\Users\USUARIO\Desktop\Allien Gnss\Pruebas de datos COMMENT
format: RTCM 3, station ID: 0 COMMENT
0000      MARKER NAME
Allien    Allien                OBSERVER / AGENCY
unknown   SKYTRAQ                    03.00.01,11.07.32,ce REC # / TYPE / VERS
1273678.7730 -6252538.3484 -22833.1730 ANT # / TYPE
0.0000      0.0000      0.0000      APPROX POSITION XYZ
1          1          ANTENNA: DELTA H/E/M
8          C1         L1         D1         S1         C2         L2         D2         S2 WAVELENGTH FACT L1/2
2021      5          26         18         53         22.0000000 GPS      # / TYPES OF OBSERV
2021      5          26         19         15         26.0000000 GPS      TIME OF FIRST OBS
                                                TIME OF LAST OBS
                                                END OF HEADER
21  5 26 18 53 22.0000000 0 7G 2G 6G14G17G19G28G30
22599988.678 118763742.005 -660.581 46.000
21940977.278 115300613.665 -1694.011 46.000
20526153.475 107865664.1204 -96.065 48.000
23636475.957 124210520.128 923.349 43.000
23316399.295 122528505.265 851.360 43.000
20589951.313 108200924.3694 1581.193 48.000
22933703.294 120517424.0503 -2318.135 44.000
21  5 26 18 53 23.0000000 0 7G 2G 6G14G17G19G28G30
22600146.582 118764577.895 -664.057 45.000

```



4. POST PROCESO MEDIANTE PPP

Como se mencionó en el apartado 1.2, el PPP es un punto GNSS absoluto el cual es corregido mediante modelos proporcionados por servicios internacionales de geodesia satelital. El servicio más usado y conocido es el IGS (International GNSS Service) debido a que dispone correcciones para las constelaciones GPS, GLONASS e incluso GALILEO.

4.1 OBTENCIÓN DE MODELOS DE CORRECCIÓN

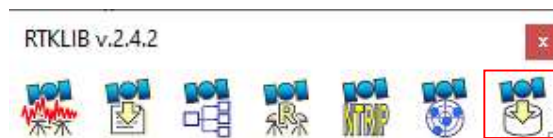
Por lo tanto, antes de empezar a procesar el punto de interés es imperativo descargar los modelos requeridos para utilizar el método por PPP, siendo estos archivos los siguientes (requisitos mínimos):

- Efemérides precisas, las cuales poseen extensión .sp3
- Correcciones de reloj, las cuales poseen extensión .clk_30s
- Archivo de calibración de antenas con extensión .atx
- Correcciones de los parámetros de rotación de la Tierra, archivo con extensión .erp
- Modelo de cargas oceánicas con extensión .blq
- Modelo de correcciones ionosféricas IONEX el cual posee extensión .xi (x= al año de rastreo)

Para obtener estas correcciones existen varias plataformas web que permiten hacerlo de manera gratuita, algunas de ellas son:

- <https://www.gnsscalendar.com/> (Simplemente se selecciona la fecha del rastreo y se desplegaran las correcciones existentes para dicho día)
- <https://www.igs.org/> (En la pestaña “PRODUCTOS”, se busca el tipo de corrección más la fecha de rastreo)
- https://cddis.nasa.gov/Data_and_Derived_Products/GNSS/daily_30second_data.html
o
https://cddis.nasa.gov/Data_and_Derived_Products/GNSS/GNSS_product_holdings.html (Se selección en datos diarios cada 30 segundos o en Product Holding. En este apartado una vez registrado por medio de una cuenta, se deberá ingresar la fecha del levantamiento e ingresarlo en formato de día o semana GPS para la búsqueda, mismo que se puede calcular en el primer enlace de este apartado “gnsscalendar.com”)

Por otra parte, RTKLIB también nos da la facilidad de descargar estos archivos y para ello se utiliza el módulo **RTKGET**.





Una vez ejecutado el RTKGET, se debe ingresar la fecha del día del rastreo para posteriormente buscar el archivo deseado en la biblioteca (esta especifica el organismo proveedor y el archivo de corrección) que este módulo dispone, como se detalla en la figura 2.

- (1) En esta ventana se ingresa las fechas de rastreo. Se recomienda dejarla por defecto la búsqueda en intervalo de 24 horas.
- (2) En esta extensa ventana se encuentra la biblioteca de correcciones, donde las 3 o 4 primeras letras se refiere a el organismo de descarga, siendo las siguientes letras el parámetro de corrección. **Nota:** los sufijos EPH, CLK, TEC, ATX corresponden a efemérides, correcciones reloj, correcciones ionosféricas y calibración de antenas, respectivamente.
- (3) En esta venta se debe dar la ruta o path de salida de todas las correcciones.

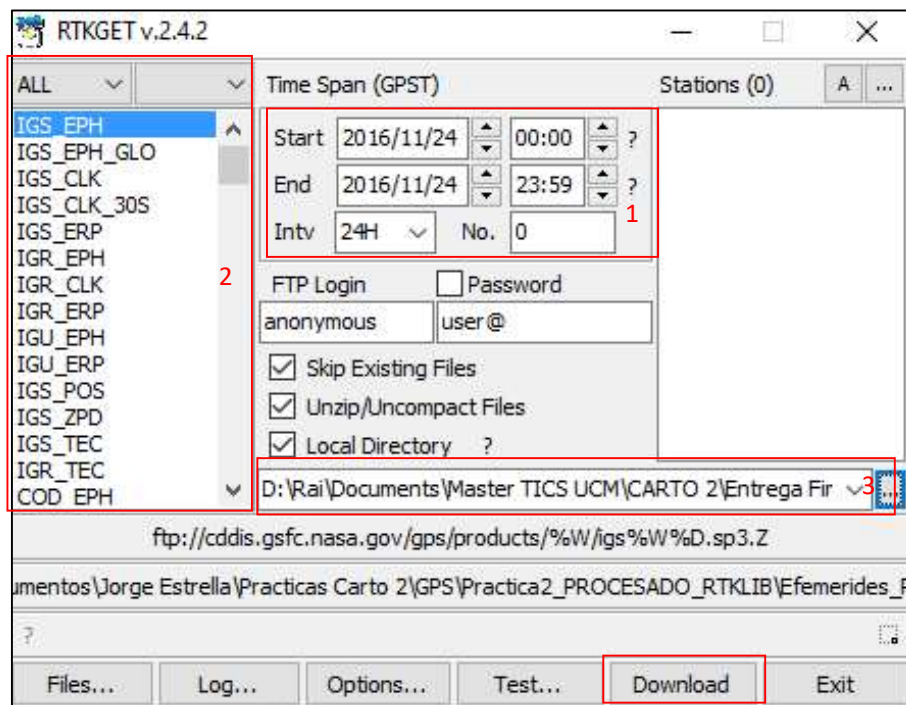


Figura 2.

Finalmente, para obtener todas las correcciones necesarias para procesar el PPP, se debe descargar el modelo del efecto de la carga oceánica (este último no se encuentra disponible en el módulo RTKGET). No obstante, puede ser descargado del servidor on-line <http://holt.oso.chalmers.se/loading/>

Una vez abierta la página se debe llenar el formulario correspondiente e introducir una coordenada de referencia general de la zona de interés, registrar un correo y solicitar la información.



www.allien-gnss.com

No es seguro | holt.oso.chalmers.se/loading/

What kind of output format is required?

BLQ (normal)
 HARPOS (... RECENTLY ADDED FEATURE ...)

Gravity loading parameters for [TSOFT](#) and [g-Software](#) can be converted from BLQ with [olgt.pl](#)

Where are your stations?

In the following form up to one hundred stations can be entered but each station should be on a separate line. The height of the station above sea level is irrelevant for ocean tide load modelling of displacements: it is not necessary to input this parameter, it can be safely omitted.

Name of station	Longitude (deg)	Latitude (deg)	Height (m)	OR
Name of station	X (m)	Y (m)	Z (m)	
Quito	0.206405250	-78.486047274	2842.4346	

(Our fixed column layout: 24 characters for the station, 25th column blank, then three numerical fields with a width of 16 characters each, no TAB characters please!)

What is your e-mail address?

Note: Because of a large amount of misuse we deny requests with return addresses at a couple of notorious domains.

Una vez enviada la petición, el servidor enviará un correo electrónico con el scrib del modelo (ver figura 2a), el cual deberá ser copiada y guardada como un archivo Bloc de notas txt, para luego ser cambiado a una nueva extensión .blq

Nota: Copiar absolutamente todo el contenido del correo recibido en el bloc de notas.



```
Loading@holt.oso.chalmers.se
para mí
inglés > español Traducir mensaje

$$ Ocean loading displacement
$$
$$ Calculated on holt using olfg/olmpp of H.-G. Scherneck
$$
$$ Greens function: mc00egbc
$$
$$ COLUMN ORDER: M2 S2 N2 K2 K1 O1 P1 Q1 MF MM SSA
$$
$$ ROW ORDER:
$$ AMPLITUDES (m)
$$ RADIAL
$$ TANGENTL EW
$$ TANGENTL NS
$$ PHASES (degrees)
$$ RADIAL
$$ TANGENTL EW
$$ TANGENTL NS
$$
$$ Displacement is defined positive in Upwards, South and West direction.
$$ The phase lag is relative to Greenwich and lags positive. The
$$ Gutenberg-Bullen Greens function is used. In the ocean tide model the
```

Figura 2a.

4.2 CONFIGURACIÓN PARA EJECUTAR PPP

Una vez obtenidas todas las correcciones, es posible ejecutar el módulo de postproceso de RTKLIB, el cual se conoce como **RTKPOST**.



Al dar clic sobre el módulo RTKPOST, se desplegará la siguiente ventana en donde primero es necesario configurar el método de postproceso (1) que se desea realizar, Como se muestra en la figura 3a.

Nota: Una vez más se recalca a los usuarios, que los path descritos en esta figura y en las por venir, serán subjetivas ya que cada usuario tendrá una dirección diferente dependiendo en donde haya guardados los datos, al igual de donde desee guardar los resultados.

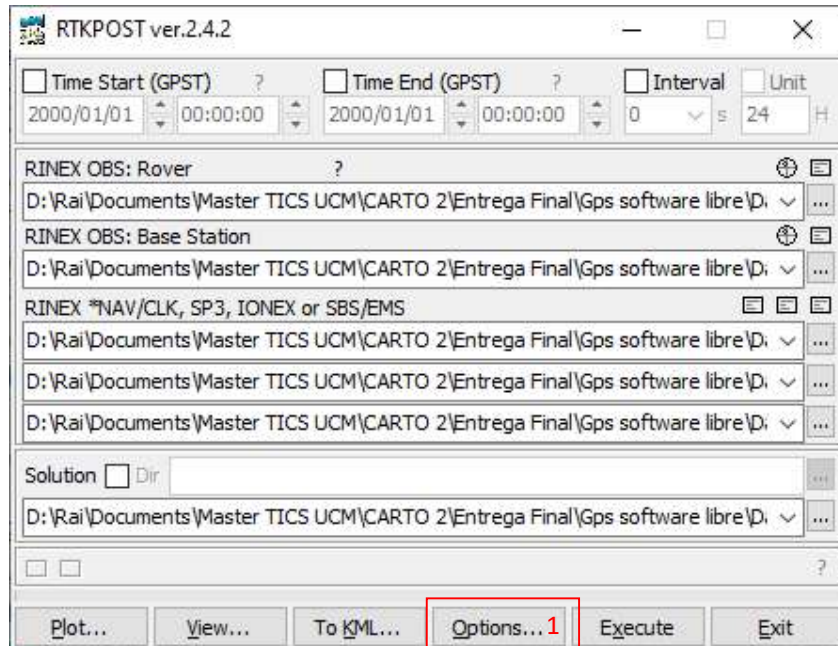


Figura 3a.

Continuando, en la figura 3b se despliega las opciones para configurar el postproceso por PPP, cabe destacar que es necesario configurar varias pestañas. Por lo tanto, esto se realizará en orden de izquierda a derecha (empezando por Setting 1) cada una de ellas, siendo estas las siguientes:

- (1) En el siguiente desplegable se selecciona el tipo de postproceso que se desea ejecutar, en este caso será PPP Static.
- (2) En los siguientes desplegables se seleccionan las frecuencias del receptor usado en campo. Se aconseja dejar esta configuración por defecto, a no ser que el recetor solo sea de una frecuencia.
- (3) En este apartado se configura el modelo de corrección de mareas. Para ello se recomienda utilizar el modelo **SOLID/OTL**: Marea terrestre (utiliza modelo teórico), efecto de carga oceánica y marea del polo (en estos dos últimos casos habrá que introducir de manera manual, es decir el archivo .blq generado al final del apartado 4.1).
- (4) En este aparatado se configura el modelo de corrección ionosférico. Para ello se recomienda usar el modelo **IONO-FREE LC** o el modelo **IONEX TEC**, no obstante, en ambos casos hay que proporcionar la información correspondiente, es decir el archivo .xi descargado en el apartado 4.1.
- (5) En este aparatado se configura el modelo de corrección troposférico. Para ello se recomienda usar el modelo **Saastamoinen** o el modelo **Estimated ZTD**, ambos son modelo teórico.
- (6) En este aparatado se configura el tipo de efeméride que se desea utilizar. Se recomienda utilizar efemérides precisas y de igual forma habrá que proporcionar la información correspondiente, es decir el archivo sp3 descargado en el apartado 4.1.
- (7) En estas viñetas se selecciona las constelaciones con las que se desea realizar el post proceso del Rinex observado.

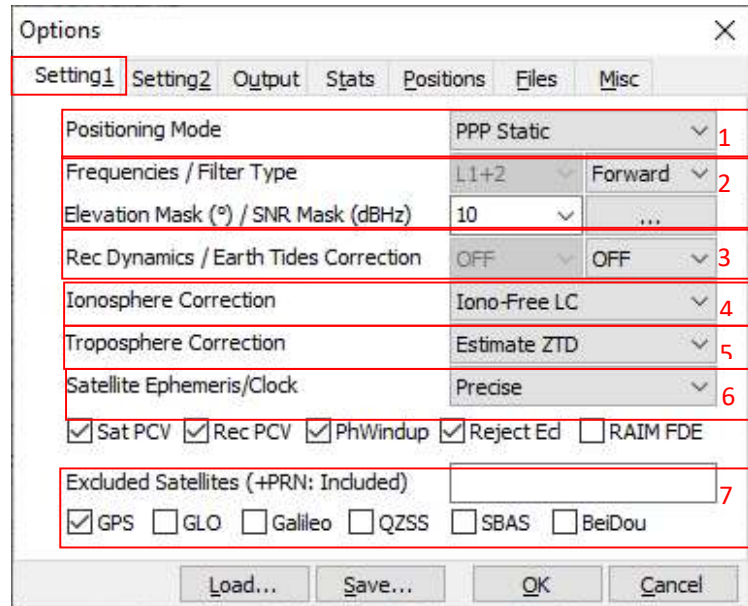


Figura 3b.

En la figura 3c, se despliega las opciones Setting 2, las cuales se deben dejar todo por defecto, excepto la integridad de las ambigüedades la cual debe quedarse como “Fixed and Hold” (enteras y ajustadas), como se señala a continuación:

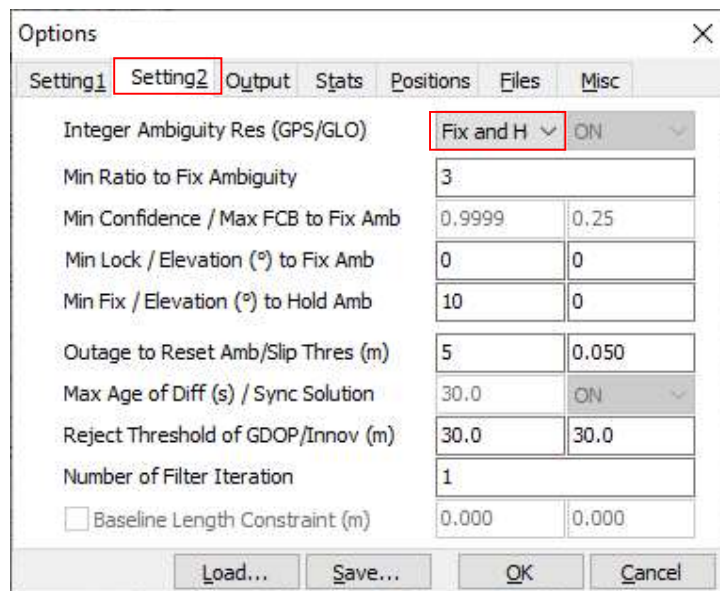


Figura 3c.



En la figura 3d se despliega las opciones Output, en donde se configurará las propiedades del punto procesado, siendo estas las siguientes:

- (1) En el siguiente desplegable se elige el formato de coordenadas que se desea para la solución, una vez terminado el postproceso del punto observado.
- (2) En los próximos desplegables se configura las cabeceras del archivo resultante, así como el formato del tiempo de rastreo y las unidades de medidas de las coordenadas seleccionadas anteriormente. Se recomienda dejar la configuración por defecto.
- (3) En este desplegable se selecciona el elipsoide de referencia y el tipo de altura que se desea obtener elipsoidal / geoidal. En el caso de seleccionar altura geoidal, en el siguiente desplegable se debe elegir el modelo de ondulación geoidal respectivo.
- (4) En este despegable se selecciona el tipo de solución que se desea obtener. Se recomienda dejar la opción single para obtener una sola coordenada resultante de todas las observaciones procesadas.

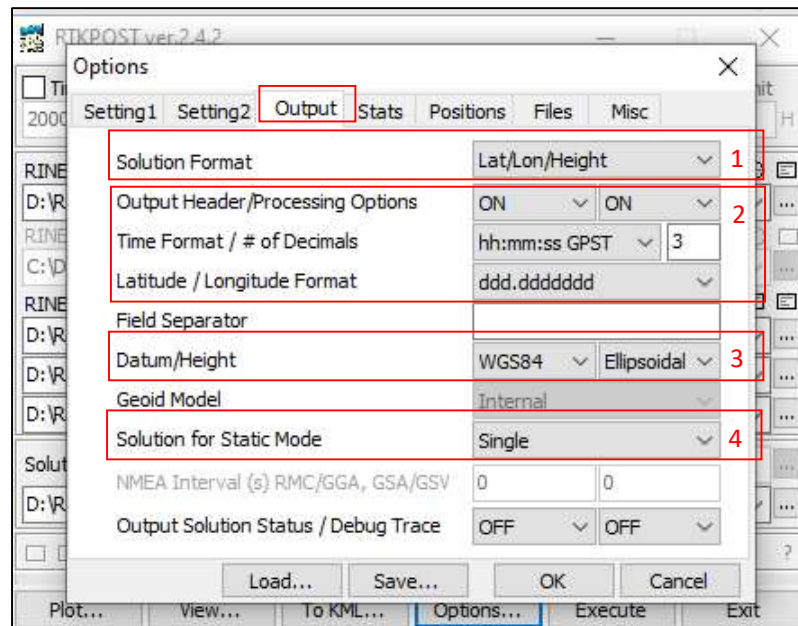


Figura 3d.

En la figura 3e, se despliega las opciones Stats, las cuales se deben dejar todo por defecto como se señala a continuación:



Options

Setting1 Setting2 Output **Stats** Positions Files Misc

Measurement Errors (1-sigma)

Code/Carrier-Phase Error Ratio L1/L2	100.0	100.0
Carrier-Phase Error a+b/sinE1 (m)	0.003	0.003
Carrier-Phase Error/Baseline (m/10km)	0.000	
Doppler Frequency (Hz)	10.000	

Process Noises (1-sigma/sqrt(s))

Receiver Accel Horiz/Vertical (m/s ²)	1.00E+01	1.00E+01
Carrier-Phase Bias (cycle)	1.00E-04	
Vertical Ionospheric Delay (m/10km)	1.00E-03	
Zenith Tropospheric Delay (m)	1.00E-04	
Satellite Clock Stability (s/s)	5.00E-12	

Load... Save... OK Cancel

Figura 3e.

En la figura 3f se despliega las opciones Positions, en donde se configurará las propiedades de la antena del punto posicionado (Rover), siendo estas las siguientes:

- (1) En el siguiente recuadro colocamos la información de la antena usada (Rover) y sus coordenadas de centros de fase. Por lo tanto, si se realizó correctamente el cambio de nativo rcm o dat (para antenas Polaris S100 y R26, respectivamente), dicha información ya está disponible en el Rinex de Observación, ver apartado 3 de este documento para más información.

Nota: Cuando se ingrese el valor de altura del rober, se debe considerar la medida a la cual fue colocada el equipo más la altura de su centro de fase.



Setting1	Setting2	Output	Stats	Positions	Files	Misc
Rover						
Lat/Lon/Height (deg/m) [...]						
90.000000000	0.000000000			-6335367.6285		
<input checked="" type="checkbox"/> Antenna Type (*: Auto) Delta-E/N/U (m)						
PolarisS100				0.0000	0.0000	2.0610
Base Station						
Lat/Lon/Height (dms/m) [...]						
0 18 53.604000				-78 26 46.762598		2522.9750
<input checked="" type="checkbox"/> Antenna Type (*: Auto) Delta-E/N/U (m)						
TRM59800.00				0.0000	0.0000	0.0000
Station Position File [...]						
[Load...] [Save...] [OK] [Cancel]						

Figura 3f.

En la figura 3g se despliega las opciones Files, en donde se cargará los modelos de corrección de antenas, ionosféricos y cargas oceánicas, siendo estas las siguientes:

- (1) En el siguiente recuadro se debe cargar las correcciones de calibración de antenas, archivo con extensión .atx (la dirección de esta corrección se encuentra en la carpeta **DATA** del programa RTKLIB: C:\Users\USUARIO\1. Postproceso\rtklib_2.4.2\data\igs08.atx)
- (2) En el siguiente recuadro se debe cargar las correcciones de los centros de fase del receptor, archivo con extensión .pcv (la dirección de esta corrección se encuentra en la carpeta **DATA** del programa RTKLIB: C:\Users\USUARIO\1. Postproceso\rtklib_2.4.2\data\ngs_abs.pcv)
- (3) En el siguiente recuadro se debe cargar las correcciones del sesgo diferencial del código, archivo con extensión .DCB (la dirección de esta corrección se encuentra en la carpeta **DATA** del programa RTKLIB: C:\Users\USUARIO\1. Postproceso\rtklib_2.4.2\data\P1P2_ALL.DCB)
- (4) En el siguiente recuadro se debe cargar las correcciones de los parámetros de rotación de la Tierra, archivo con extensión .erp (se recomienda usar el siguiente enlace para la descarga de esta corrección, usando el número de la semana GPS como id de búsqueda: <https://cddis.nasa.gov/archive/gnss/products/>)
- (5) En esta opción se debe cargar el Modelo de cargas oceánicas, archivo con extensión .blq
- (6) En este recuadro se debe cargar el Modelo de correcciones ionosféricas IONEX, archivo con extensión .xi (x= al año de rastreo).

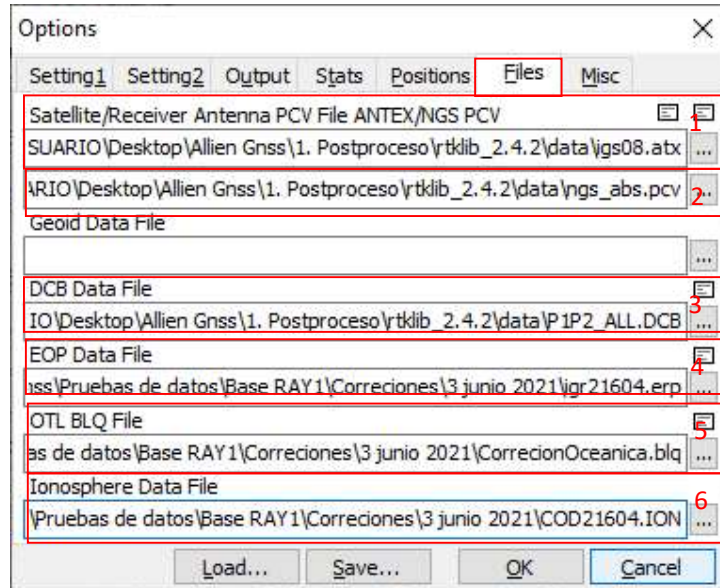


Figura 3g.

En la figura 3h, se despliega las opciones Misc, las cuales se deben dejar todo por defecto como se señala a continuación. De esta manera se ha terminado de configurar el postproceso mediante PPP. Por ende, se da clic en “Ok” para guardar todas las configuraciones efectuadas.

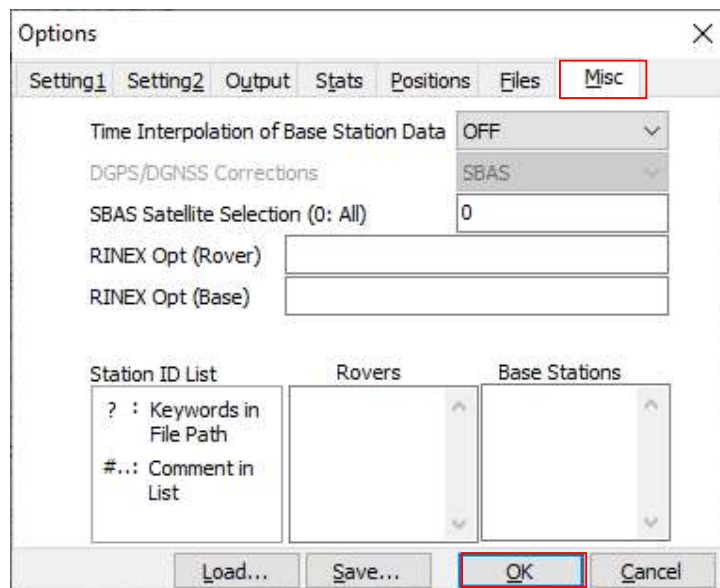


Figura 3h.

Finalmente, en la figura 3i se retorna a la interfaz principal del RTKPOST, en donde se cargará los archivos de observación Rinex, navegación, efemérides y modelos ionosféricos, como se detalla continuación:



- (1) En este recuadro se debe cargar el archivo Rinex de Observaciones (xO, obs) del punto posicionado en campo (Rover).
- (2) En este recuadro se debe cargar el archivo Rinex de Navegación (xN, nav) del punto posicionado en campo (Rover).
- (3) En el siguiente recuadro se debe cargar las efemérides precisas, archivo con extensión .sp3
- (4) En esta opción se debe cargar las correcciones de Reloj, archivo con extensión .clk_30s
- (5) En el siguiente recuadro se ingresa el intervalo de grabación para el Postproceso. Se recomienda utilizar intervalos de 30 segundos para el PPP debido a que la mayoría de las correcciones descargadas (efemérides, correcciones de reloj, entre otros) se encuentran disponibles como producto final en dicho intervalo.

Nota: Si se utiliza otros intervalos de grabación (menores o mayores al descrito) en el PPP, quedarán demasiados datos sin corregir afectando la precisión final del punto. Para más información de la óptima configuración y postproceso de punto PPP referirse a la siguiente publicación:

M. Abán, A. Tierra & R. Romero, 2016. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. [https://www.researchgate.net/publication/323391128_Calculo_de_coordenadas_usando_el_meto do Precise Point Positioning -PPP estatico mediante el software libre RTKLIB](https://www.researchgate.net/publication/323391128_Calculo_de_coordenadas_usando_el_metodo_Precise_Point_Positioning_-_PPP_estatico_mediante_el_software_libre_RTKLIB)

- (6) Finalmente, en el último recuadro se da la ruta o path de salida del archivo con el resultado del postproceso.

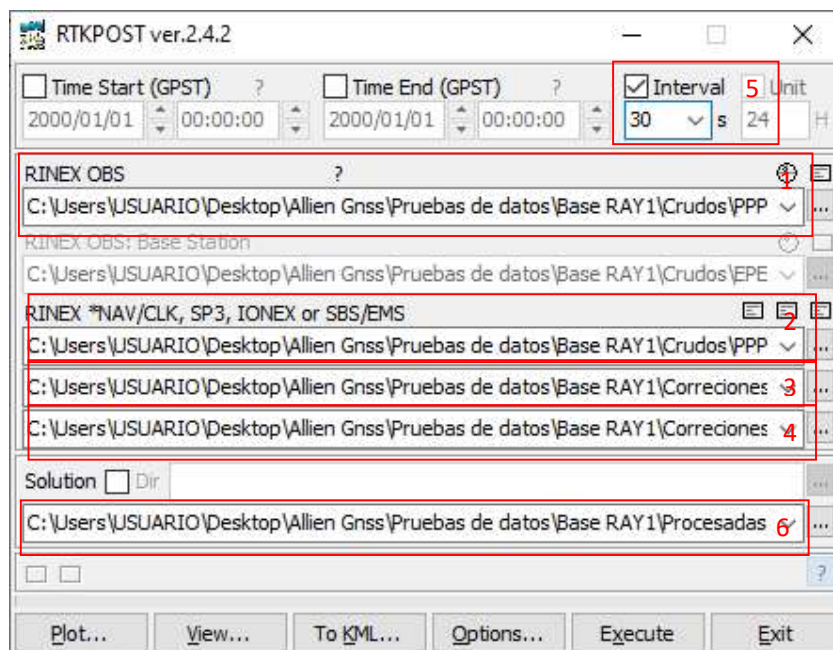


Figura 3i.



Para concluir con esta sección del documento, el usuario deberá ir a la dirección de salida que configuro para los resultados del post proceso para comprobar que este se encuentre ahí. Finalmente abrimos el archivo resultante en un Bloc de notas txt para verificar el reporte del postproceso (1), la coordenada resultante procesada (2) y la varianza del postproceso por cada componente (3).

```
base_bota: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
% program : RTKPOST ver.2.4.2
% inp file : C:\Documentos\Jorge Estrella\Practicas Carto 2\GPS\Practica2_PROCESADO_RTKLIB\Datos\Rin
% inp file : C:\Documentos\Jorge Estrella\Practicas Carto 2\GPS\Practica2_PROCESADO_RTKLIB\Datos\Rin
% inp file : C:\Documentos\Jorge Estrella\Practicas Carto 2\GPS\Practica2_PROCESADO_RTKLIB\Correccic
% obs start : 2006/05/30 15:18:45.0 GPST (week1377 227925.0s)
% obs end : 2006/05/30 16:37:10.0 GPST (week1377 232630.0s)
% pos mode : ppp-static 1
% solution : forward
% elev mask : 10.0 deg
% dynamics : off
% tidecorr : on
% tropo opt : saastamoinen
% ephemeris : precise
% antennal : ( 0.0000 0.0000 0.0000)
%
% (lat/lon/height=WGS84/ellipsoidal,Q=1:fix,2:float,3:sbas,4:dgps,5:single,6:ppp,ns=# of satellites)
% GPST
2006/05/30 15:18:45.000 latitude(deg) longitude(deg) height(m) Q ns sdn(m) sde(m) sdu(m) 3
40.447403475 -3.725420339 689.8372 2 6 7 0.0343 0.0262 0.0568
Línea 1, columna 1 100% Windows (CRLF) UTF-8
```

Nota: En el caso de obtener resultados “vacíos” usando la versión RTKLIB v.demo5 b31a para procesar el punto. Se recomienda volver a repetir el proceso en la versión RTKLIB 2.4.2 (con la misma configuración vista a lo largo de todo el apartado 4.2), debido a que esta es la última versión del software con mayor soporte y la más estable.



5. POST PROCESO DIFERENCIAL

Para poder procesar puntos diferenciales (Static / Fast Static, para más información ver el apartado 1) se necesita obligatoriamente una base de control, es decir un punto de coordenadas ya conocidas. Para este documento se utilizó como base la estación de monitoreo continuo QUI1 de la REGME perteneciente al IGM, misma que se encuentra aproximadamente 3 km de distancia del punto GNSS observado con la antena Polaris S100 o Allynnav R26 (Rover).

Por lo tanto, primero se debe descargar y convertir el nativo del Rover en un Rinex (ver apartado 3), así como descargar el Rinex de la base desde los servicios del Geoportal del IGM. Cabe destacar que, al momento de realizar la descarga desde el Geoportal, se obtendrá el archivo de Navegación del Rinex pero, el archivo de Observación estará compreso en formato Hatanaka (extensión .D). Por ello, se deberá descomprimir dicho archivo y para esto se recomienda utilizar el wizard "crx2rnx" utilizando la función CMD de Windows.

Una vez obtenidos los Rinex de Observación y Navegación de la Base y del Rover, es posible ejecutar el módulo de postproceso de RTKLIB, el cual se conoce como **RTKPOST**.



Al dar clic sobre el módulo RTKPOST, se desplegará la siguiente ventana en donde se configurará el método de postproceso (1) que se desea realizar, como se puede ver en la figura 4a. La configuración para este postproceso se asemeja mucho al ya visto para el PPP (Aparatado 4.2).

Nota: Una vez más se recalca a los usuarios, que los path descritos en esta figura y en las por venir, serán subjetivas ya que cada usuario tendrá una dirección diferente dependiendo en donde haya guardados los datos, al igual de donde desee guardar los resultados.

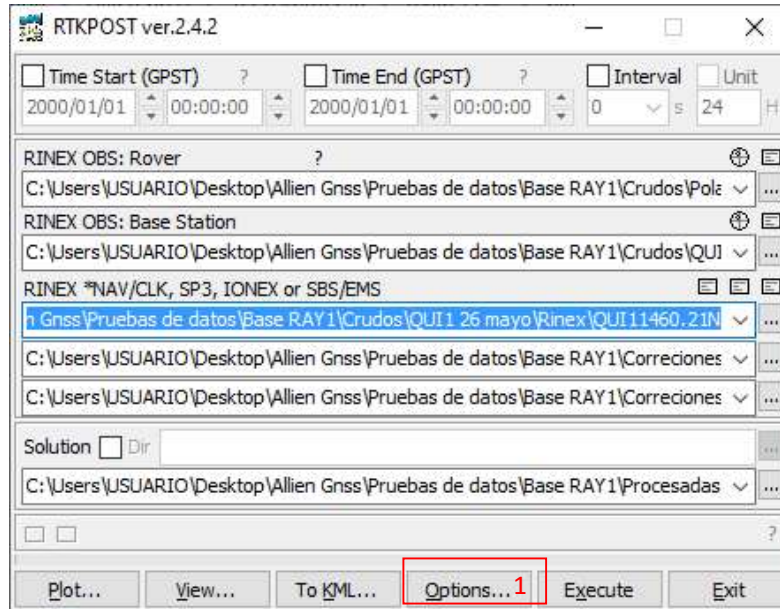


Figura 4a.

En la figura 4b se despliega las opciones para configurar el postproceso por Diferencial (Static), cabe destacar que es necesario configurar varias pestañas. Por lo tanto, esto se realizará en orden de izquierda a derecha (empezando por Setting 1) cada una de ellas, siendo estas las siguientes:

- (1) En el siguiente desplegable se selecciona el tipo de postproceso que se desea ejecutar, en este caso será Static.
- (2) En los siguientes desplegables se seleccionan las frecuencias del receptor usado en campo. Se aconseja dejar esta configuración por defecto, a no ser que el receptor solo sea de una frecuencia.
- (3) En los siguientes recuadros se configura el uso de modelos de corrección; como el de mareas oceánicas, ionosféricos y troposféricos. Sin embargo, estos modelos se usarán solo para el postproceso en PPP ya que este no se corrige en función de un punto de referencia. Por otra parte, el postproceso Diferencial **Si se corrige en función a una base de punto conocidos**, por lo que los modelos antes mencionados deberán ser desactivados. El motivo de esto, se debe al descartar la curvatura de la tierra debido a la cercanía de los puntos de referencia (Primer principio de la topografía).
- (4) En este aparatado se configura el tipo de efeméride que se desea utilizar. Se recomienda utilizar efemérides precisas. No obstante, habrá que proporcionar la información correspondiente, es decir el archivo sp3, el cual se muestra como descargarlo en el apartado 4.1.
- (5) En estas viñetas se selecciona las constelaciones con las que se desea realizar el post proceso del Rinex observado.

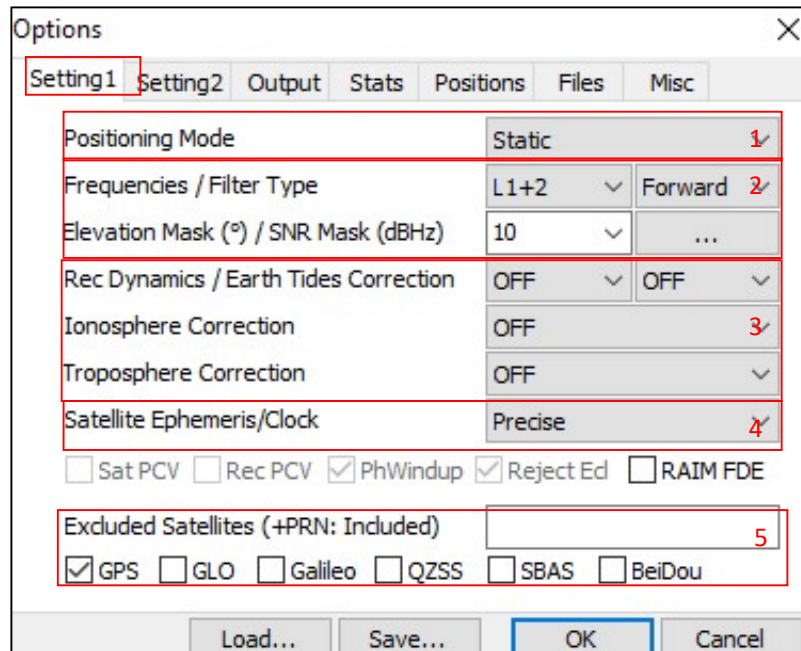


Figura 4b.

En la figura 4c, se despliega las opciones Setting 2, las cuales se deben dejar todo por defecto como se señala a continuación:

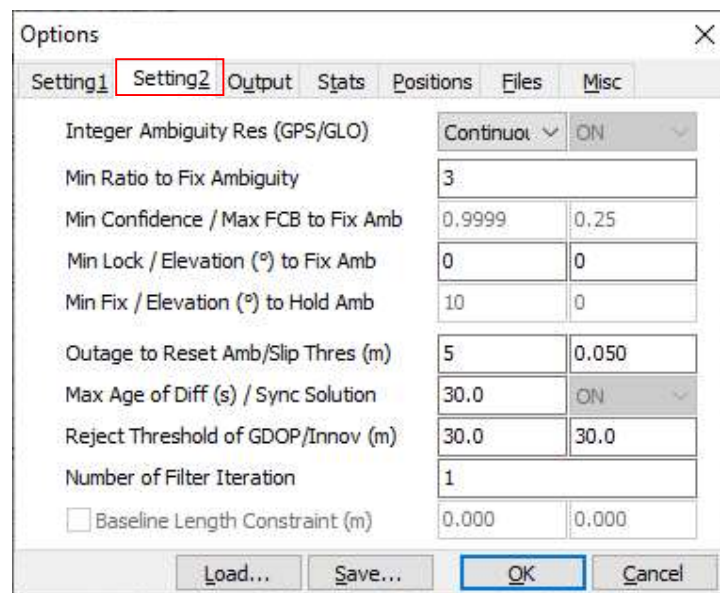


Figura 4c.

En la figura 4d se despliega las opciones Output, en donde se configurará las propiedades del punto procesado, siendo estas las siguientes:



- (1) En el siguiente desplegable se elige el formato de coordenadas que se desea para la solución, una vez terminado el postproceso del punto observado.
- (2) En los próximos desplegables se configura las cabeceras del archivo resultante, así como el formato del tiempo de rastreo y las unidades de medidas de las coordenadas seleccionadas anteriormente. Se recomienda dejar la configuración por defecto.
- (3) En este desplegable se selecciona el elipsoide de referencia y el tipo de altura que se desea obtener elipsoidal / geoidal. En el caso de seleccionar altura geoidal, en el siguiente desplegable se debe elegir el modelo de ondulación geoidal respectivo.
- (4) En este recuadro se selecciona el tipo de solución que se desea obtener. Se recomienda dejar la opción single para obtener una sola coordenada resultante de todas las observaciones procesadas.

Setting1	Setting2	Output	Stats	Positions	Files	Misc
Solution Format	Lat/Lon/Height	1				
Output Header/Processing Options	ON ON	2				
Time Format / # of Decimals	hh:mm:ss GPST 3					
Latitude / Longitude Format	ddd.dddddd					
Field Separator						
Datum/Height	WGS84 Ellipsoidal	3				
Geoid Model	Internal					
Solution for Static Mode	Single	4				
NMEA Interval (s) RMC/GGA, GSA/GSV	0 0					
Output Solution Status / Debug Trace	OFF OFF					

Figura 4d.

En la figura 4e, se despliega las opciones Stats, las cuales se deben dejar todo por defecto como se señala a continuación:



Setting1	Setting2	Output	Stats	Positions	Files	Misc
Measurement Errors (1-sigma)						
Code/Carrier-Phase Error Ratio L1/L2	100.0		100.0			
Carrier-Phase Error a+b/sinEl (m)	0.003		0.003			
Carrier-Phase Error/Baseline (m/10km)	0.000					
Doppler Frequency (Hz)	10.000					
Process Noises (1-sigma/sqrt(s))						
Receiver Accel Horiz/Vertical (m/s ²)	1.00E+01		1.00E+01			
Carrier-Phase Bias (cycle)	1.00E-04					
Vertical Ionospheric Delay (m/10km)	1.00E-03					
Zenith Tropospheric Delay (m)	1.00E-04					
Satellite Clock Stability (s/s)	5.00E-12					

Figura 4e.

En la figura 4f se despliega las opciones Positions, en donde se configurará las propiedades de la antena del punto posicionado (Rover) y del punto de referencia (Base), siendo estas las siguientes:

- (1) En el siguiente recuadro colocamos la información de la antena usada (Rover) y sus coordenadas de centros de fase. Por lo tanto, si se realizó correctamente el cambio de nativo rcm o dat (para antenas Polaris S100 y Allynav R26, respectivamente), dicha información ya está disponible en el Rinex de Observación, ver apartado 3 de este documento para más información.
- (2) En este recuadro se ingresa la información de la Base de referencia (QUI1 para este ejemplo). Para la Base debemos ingresar los datos de su antena con sus centros de fase, además de las COORDENADAS CONOCIDAS las cuales estarán en la monografía de la estación QUI1 (se recomienda ingresar las coordenadas en grados sexagesimales, ejemplo: Lati – 0.215156167, Lon – 78.49360811).

Nota: Cuando se ingrese el valor de altura del rober, se debe considerar la medida a la cual fue colocada el equipo mas la altura de su centro de fase.



The screenshot shows the 'Options' dialog box with the 'Positions' tab selected. The 'Rover' section (labeled 1) includes a dropdown for 'Lat/Lon/Height (deg/m)' and input fields for coordinates: -90.000000000, 0.000000000, and -6378137.0000. It also has a checked 'Antenna Type (*: Auto)' dropdown set to 'PolarisS100' and a 'Delta-E/N/U (m)' table with values 0.0000, 0.0000, and 0.061. The 'Base Station' section (labeled 2) includes a dropdown for 'Lat/Lon/Height (dms/m)' and input fields for coordinates: -0 12 54.5622, -78 29 36.9892, and 2922.389. It also has a checked 'Antenna Type (*: Auto)' dropdown set to 'LEIAT504' and a 'Delta-E/N/U (m)' table with values 0.0000, 0.0000, and 0.0000. At the bottom, there is a 'Station Position File' field and buttons for 'Load...', 'Save...', 'OK', and 'Cancel'.

Figura 4f.

En la figura 4g se despliega las opciones Files, en donde se cargará el modelo de corrección ionosférico de manera obligatoria y opcional las correcciones de cargas oceánicas y antenas (de ser posible incluir todas), siendo estas las siguientes:

- (1) En el siguiente recuadro se debe cargar las correcciones de calibración de antenas de los satélites, archivo con extensión **.atx** (la dirección de esta corrección se encuentra en la carpeta **DATA** del programa RTKLIB: C:\Users\USUARIO\1. Postproceso\rtklib_2.4.2\data\ngs08.atx)
- (2) En el siguiente recuadro se debe cargar las correcciones de los centros de fase del receptor, archivo con extensión **.pcv** (la dirección de esta corrección se encuentra en la carpeta **DATA** del programa RTKLIB: C:\Users\USUARIO\1. Postproceso\rtklib_2.4.2\data\ngs_abs.pcv)
- (3) En el siguiente recuadro se debe cargar las correcciones del sesgo diferencial del código, archivo con extensión **.DCB** (la dirección de esta corrección se encuentra en la carpeta **DATA** del programa RTKLIB: C:\Users\USUARIO\1. Postproceso\rtklib_2.4.2\data\P1P2_ALL.DCB)
- (4) En el siguiente recuadro se debe cargar las correcciones de los parámetros de rotación de la Tierra, archivo con extensión **.erp** (se recomienda usar el siguiente enlace para la descarga de esta corrección, usando el numero de la semana GPS como id de búsqueda: <https://cddis.nasa.gov/archive/gnss/products/>)
- (5) En esta opción se debe cargar el Modelo de cargas oceánicas, archivo con extensión **.blq**



(6) En este recuadro se debe cargar el Modelo de correcciones ionosféricas IONEX, archivo con extensión .xi (x= al año de rastreo).

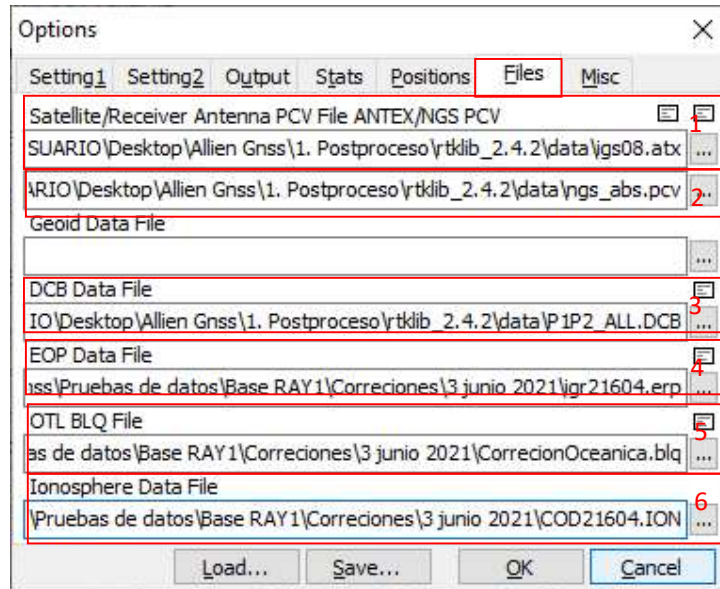


Figura 4g.

En la figura 4h, se despliega las opciones Misc, las cuales se deben dejar todo por defecto como se señala a continuación. De esta manera se ha terminado de configurar el postproceso Diferencial mediante Static. Por ende, se da clic en “Ok” para guardar todas las configuraciones efectuadas.

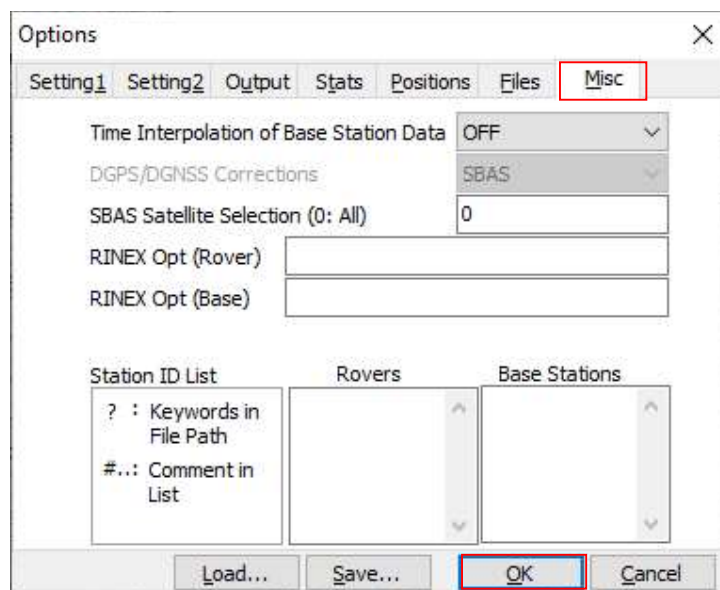


Figura 4h.



Finalmente, en la figura 4i se retorna a la interfaz principal del RTKPOST, en donde se cargará los archivos de observación Rinex, navegación, efemérides y modelos ionosféricos, como se detalla continuación:

- (1) En este recuadro se debe cargar el archivo Rinex de Observaciones (xO, obs) del punto posicionado en campo (Rover).
- (2) En esta parte se debe cargar el archivo Rinex de Observaciones (xO, obs) de la Base de referencia a la cual se desea enlazar (Base de coordenadas conocidas).
- (3) En este recuadro se debe cargar el archivo Rinex de Navegación (xN, nav) de la Base de referencia a la cual se desea enlazar (Base de coordenadas conocidas).
- (4) En el siguiente recuadro se debe cargar las efemérides precisas, archivo con extensión .sp3
- (5) En esta opción se debe verificar que se haya cargado el Modelo de correcciones ionosféricas IONEX, archivo con extensión .xi (x= al año de rastreo). Caso contrario volver a cargarlo.
- (6) Finalmente, en el último recuadro se da la ruta o path de salida del archivo con el resultado del postproceso.

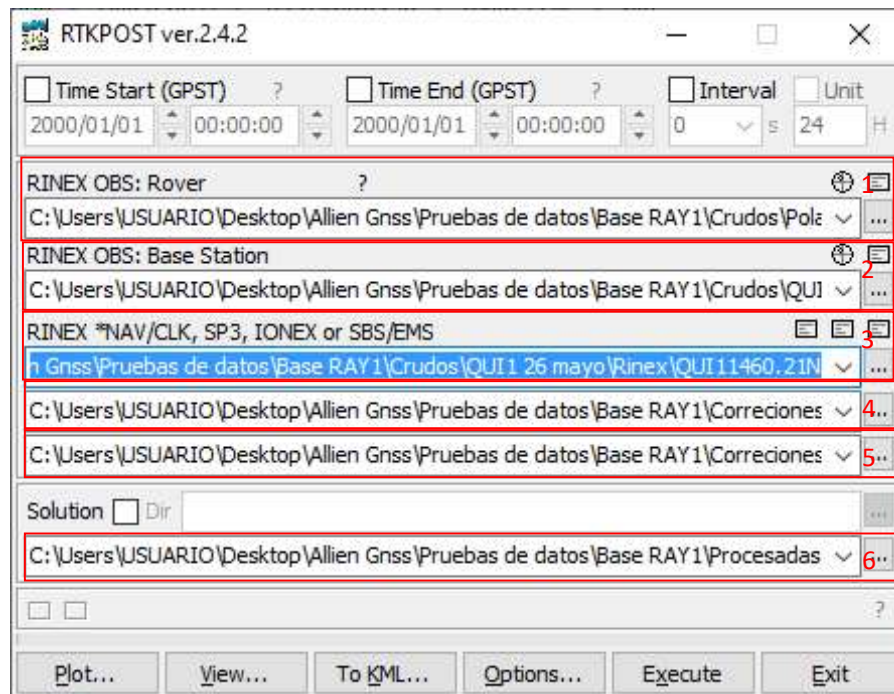


Figura 4i.

Para concluir con esta sección del documento, el usuario deberá ir a la dirección de salida que configuro para los resultados del post proceso para comprobar que este se encuentre ahí. Finalmente abrimos el archivo resultante en un Bloc de notas txt para verificar el reporte del postproceso (1), la coordenada resultante procesada (2) y la varianza del postproceso por cada componente (3).



```

Raistatic_3jun21: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
% program : RTKPOST ver.2.4.2
% inp file : C:\Users\USUARIO\Desktop\Allien Gnss\Pruebas de datos\Base RAY1\Crudos\Polaris 3 junio\Ra
% inp file : C:\Users\USUARIO\Desktop\Allien Gnss\Pruebas de datos\Base RAY1\Crudos\EPEC 3 junio\EPEC1
% inp file : C:\Users\USUARIO\Desktop\Allien Gnss\Pruebas de datos\Base RAY1\Crudos\EPEC 3 junio\EPEC1
% inp file : C:\Users\USUARIO\Desktop\Allien Gnss\Pruebas de datos\Base RAY1\Correcciones\3 junio 2021\
% obs start : 2021/06/03 12:29:57.0 GPST (week2160 390597.0s)
% obs end : 2021/06/03 15:39:21.0 GPST (week2160 401961.0s)
% pos mode : static
% freqs : L1+L2
% solution : forward
% elev mask : 10.0 deg
% dynamics : off
% tidecorr : off
% ionos opt : off
% tropo opt : off
% ephemeris : precise
% amb res : continuous
% val thres : 3.0
% antenna1 : ( 0.0000 0.0000 0.0610)
% antenna2 : ( 0.0000 0.0000 0.0000)
% ref pos : -0.314890000 -78.446322944 2522.9750
%
% (lat/lon/height=WGS84/ellipsoidal,0=1:fix,2:float,3:sbas,4:dgps,5:single,6:ppp,ns=# of satellites)
% GPST latitude(deg) longitude(deg) height(m) ns sdn(m) sde(m) sdu(m) sdr(m)
2021/06/03 12:29:57.000 -0.206405250 -78.486047274 2842.4346 21 10 0.0002 0.0003 0.0006 0.0006

```

Nota: En el caso de obtener resultados “vacíos” usando la versión RTKLIB v.demo5 b31a para procesar el punto. Se recomienda volver a repetir el proceso en la versión RTKLIB 2.4.2 (con la misma configuración vista a lo largo de todo el apartado 5), debido a que esta es la última versión del software con mayor soporte y la más estable.