

$\tilde{n}::\sim a3$

Procesamiento de ficheros Rinex Observados a partir del Software GPStk

**Cristian Salas Pérez
Daniel Felipe Coy Castro
Karen Daniela Rincon**

Docente MSc. Andres Cardenas Contreras
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Catastral y Geodesia
Bogotá, Colombia

2019

Abstract

Global satellite navigation systems allow you to represent the earth's surface, as well as locate any object inside and outside it, within these systems. With the development of this work we try to use the combination of solutions to adjust and correct the coordinates of points of interest.

Introducción

Hace millares de años fenómenos tales como el desplazamiento del sol en el cielo o los cambios de aspectos de la luna intrigaban a los hombres por esta razón se dedicaron a la observación del cielo, nace la astronomía y con base en esta aparecen nuevas formas de posicionamiento, no solo se buscaba observar las estrellas sino también era una necesidad indagar acerca de la ubicación de personas, barcos, aviones etc. a partir de esta necesidad nacen técnicas y métodos de georreferenciación y navegación.

El uso de señales reflejadas provenientes de los Sistemas de Navegación Global por Satélite GNSS - Global Navigation Satellite Systems es una tecnología con gran potencial para aplicaciones de teledetección oceanográfica, ya que a través de su uso se consigue: analizar grandes áreas, gran precisión en las medidas, hacer desaparecer el vínculo entre las medidas y las condiciones meteorológicas y finalmente, y de gran interés, se consiguen múltiples medidas complementarias con un único sensor (F. Soulat, 2006)

El siguiente trabajo esta orientado al procesamiento de datos de las estaciones permanentes con el fin de corregir y obtener las diferentes coordenadas X, Y y Z mediante el uso de la herramienta GPStk para el procesamiento diferencial y absoluto, las cuales son la base para el desarrollo del proyecto final "Teledetección con GNSS" Hace millares de años fenómenos tales como el desplazamiento del sol en el cielo o los cambios de aspectos de la luna intrigaban a los hombres por esta razón se dedicaron a la observación del cielo, nace la astronomía y con base en esta aparecen nuevas formas de posicionamiento, no solo se buscaba observar las estrellas sino también era una necesidad indagar acerca de la ubicación de personas, barcos, aviones etc. a partir de esta necesidad nacen técnicas y métodos de georreferenciación y navegación.

El uso de señales reflejadas provenientes de los Sistemas de Navegación Global por Satélite GNSS - Global Navigation Satellite Systems es una tecnología con gran potencial para aplicaciones de teledetección oceanográfica, ya que a través de su uso se consigue: analizar grandes áreas, gran precisión en las medidas, hacer desaparecer el vínculo entre las medidas y las condiciones meteorológicas y finalmente, y de gran interés, se consiguen múltiples medidas complementarias con un único sensor (F. Soulat, 2006)

El siguiente trabajo esta orientado al procesamiento de datos de las estaciones permanentes con el fin de corregir y obtener las diferentes coordenadas X, Y y Z mediante el uso de la herramienta GPStk para el procesamiento diferencial y absoluto, las cuales son la base para el desarrollo del proyecto final "Teledetección con GNSS"

Capítulo 1

MARCO TEORICO

1.1. Posicionamiento y Procesamiento GNSS

Dentro de un contexto globalizado y enfocado en la obtencion de resultados de la manera mas eficaz y rapida posible se ha hecho necesario el desarrollo de tecnologias que permitan al ser humano conocer su posicion dentro de la superficie de la tierra, una de esas tecnologias o metodologias para la ubicacion se ha dado mediante el desarrollo del posicionamiento GNSS, por lo cual los sistemas de posicionamiento terrestre hoy en de ia son indispensables y necesarios dado que su explotacion genera gran posibilidad de aplicaciones.

En la actualidad existen diversos sistemas de posicionamiento por satelite como lo son NavstarGPS, Glonass, y Galileo los cuales son gestionados por distintos organismos y entidades. Cada sistema necesita de una red de satelites operativos que cubran la totalidad de la tierra para poder proporcionar coordenadas precisas de ubicacion mediante los procesos teoricos de trilateracion.

El fundamento del GNSS es poder obtener las diversas posiciones de los satelites puestos en orbita con el fin de obtener con estas posiciones la ubicacion del receptor en la tierra. Para esto se basta con conocer la distancia entre los satelites y el receptor por medio de una señal. Por otro lado, el procesamiento GNSS consiste en obtener coordenadas de alta precision ya sean geodesicas, cartesianas o planas, para la obtencion de dichas coordenadas se hace indispensable la lectura de los psudorangos medidos en el momento de la observacion los cuales se encuentran en el cuerpo del fichero RINEX.

1.2. RINEX

Por sus siglas en ingles Receiver Independent Exchange es un formato de ficheros de texto orientado a almacenar de manera estandarizada, medidas proporcionadas por receptores de sistemas de navegacion por satelite como GPS, Glonass y Galileo.

Fue presentado en el quinto Simposium Geod´esico Internacional en posicionamiento por satelites, la base del RINEX parte de que la mayoría de software para GPS emplea los siguientes observables: Portadora de fase en frecuencias L1 y L2. La medida de Pseudo distancia o codigo.

El tiempo obtenido en el instante de validar las medidas de fase y código. Por otro lado, los ficheros RINEX se caracterizan por estar compuesto por cuatro tipos de archivos: los datos de observación, el archivo de mensaje de navegación, el archivo de datos meteorológicos y el archivo de mensaje de navegación de Glonass.

1.3. Posicionamiento punto preciso PPP

El Posicionamiento de Punto Preciso (PPP) es una estrategia de post-procesamiento GPS que usa observaciones no-diferenciadas de pseudo-distancias y fases portadoras de doble frecuencia, en conjunto con productos IGS precisos (órbitas y relojes GPS), para la estimación absoluta de posiciones geodésicas -estáticas o cinemáticas- de alta exactitud. Tales posiciones refieren a receptores operando individualmente, sin la necesidad de observaciones simultáneas que los vinculen a una estación de referencia terrestre con coordenadas conocidas, Acuña (2008).

La estrategia del PPP también admite en sus análisis el tratamiento combinado/simultáneo de observaciones GPS y de otros GNSS (p.ej., GLONASS). Sin embargo, el PPP tiene la desventaja de necesitar:

- a) largas sesiones de observación.
- b) productos IGS finales que están disponibles luego de 2 semanas de la medición.
- c) la transformación de sus resultados (dados en la época de la observación y en el marco de referencia de las órbitas GPS precisas) a la época y marco de referencia del sistema de control geodésico nacional vigente. Con la finalidad, en principio, de clarificar, y entonces, contribuir a optimizar la aplicación del PPP en el país.

La técnica PPP permite lograr una precisión de nivel centimétrico para el posicionamiento estático y el nivel de decímetro, o mejor, para el posicionamiento cinemático. Esta alta precisión requiere un modelo de medición preciso, donde deben tenerse en cuenta todos los términos del modelo

Este modelado implica la consideración de los siguientes términos:

Órbitas y relojes satelitales precisos: las órbitas precisas y los archivos de reloj. debe usarse en lugar de las transmisiones utilizadas en el SPP.

el método PPP (Precise Point Positioning). Actualmente la técnica PPP es capaz de modelar los factores que influyen en su precisión como son la ionósfera y tropósfera, además de las correcciones de órbitas, relojes, entre otras.

1.3.1. PPP diferencial

El posicionamiento relativo o también llamado diferencial, consiste en hacer uso de las mediciones simultáneas de los mismos satélites en igual tiempo, lo que busca principalmente es cancelar los errores orbitales, de los relojes de los satélites y del medio de propagación

de la señal como la troposfera y la ionosfera, esto se logra a través de una doble diferencia de satélite receptor. Este método permite calcular una diferencia entre dos posiciones por lo cual se requiere que una de ellas sea conocida. Para aplicar el incremento de coordenadas (Delta X, delta Y, delta Z) y así obtener la posición de nuevos puntos (Hoffman Wellenhof, 1994).

1.3.2. GPSTk

El objetivo del proyecto GPSTk es proporcionar una biblioteca de código abierto y un conjunto de aplicaciones a la comunidad de navegación por satélite, para que los investigadores se centren en la investigación, no en la codificación de niveles inferiores.

Los usuarios de GPS emplean prácticamente todas las arquitecturas computacionales y sistemas operativos. Por lo tanto, el diseño de la suite GPSTk es tan independiente de la plataforma como sea posible. La independencia de la plataforma se logra mediante el uso del lenguaje de programación C++ de la norma ISO. Los principios de la programación orientada a objetos se utilizan en toda la base de códigos GPSTk para garantizar que el código sea modular, extensible y mantenible.

La suite GPSTk consta de una biblioteca central, bibliotecas auxiliares y un conjunto de aplicaciones. El GPSTk proporciona una amplia gama de funciones que resuelven los problemas de procesamiento asociados con GNSS, como el procesamiento o el uso de formatos estándar como RINEX. Las bibliotecas son la base de las aplicaciones más avanzadas distribuidas como parte de la suite GPSTk.

1.3.3. GPSTk-PPP

Tal y como ha sido mencionado, la base de cálculo es GPSTk. Además, son necesarias herramientas adicionales, como es el caso de wget, gunzip y jam, para ayudar a compilar el software desarrollado (en c++) junto con las librerías. Para facilitar la obtención de los datos necesarios para el cálculo.

Así, el procesamiento se resume en:

1.RINEX (Gurtner, 1998): Obtención de las épocas de observación (inicio y fin), coordenadas, excentricidades de la antena y modelo de ésta.

2.Preparación de los datos: obtención de los ficheros de efemérides, cálculo de la posición del Polo (para la corrección de marea polar), ficheros DCB (aunque no se aplica esta corrección). [?]

3. Cálculo y resultados finales: Para entender el funcionamiento y la implantación de GPSTk, se recomienda (Salazar et. al., 2009). Del procedimiento indicado en dicha publicación, se extrae la metodología de cálculo mostrada a continuación y que se lleva a cabo época a época (entre paréntesis se detalla la clase de la librería GPSTk utilizada):

- Verificar si están los observables necesarios (RequireObservables.hpp).

- Detección de los saltos de ciclo con L3 y MelbourneWubben (ComputeLinear.hpp, LICSDetector2.hpp y MWCSDetector.hpp).
- Control de las órbitas (SatArcMarker.hpp).
- Remuestreo, en caso de que los intervalos de las órbitas y relojes no coincidan con los definidos (Decimate.hpp).
- Análisis inicial de la señal recibida (BasicModel.hpp).
- Eliminación de los satélites en eclipse (EclipsedSatFilter.hpp).
- Retardo por variación de la gravedad a lo largo de la trayectoria de la señal (GravitationalDelay.hpp).
- Cálculo del efecto por la variación de los centros de fase del satélite (ComputeSatP-Center.hpp).
- Correcciones debidas a la ubicación, como son mareas, carga oceánica, variaciones de los centros de fase (CorrectObservables.hpp).
- Corrección por polaridad de la señal (ComputeWindUp.hpp).
- Corrección troposférica (ComputeTropModel.hpp).

1.3.4. Magna sirgas-pro

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi en su función de ente gubernamental encargado del manejo de los sistemas de referencia y de producir el mapa oficial y la cartografía básica de Colombia; ha visto la necesidad de mejorar el software Magna Sirgas para brindar una herramienta que facilite el manejo estandarizado de coordenadas sobre el territorio colombiano.

Para mantener al usuario actualizado con los nuevos parámetros que actualmente se manejan a nivel global, el GIT Geodesia ha generado la nueva versión Magna Sirgas Pro 4.0. Esta nueva versión se ha actualizado con un concepto más moderno que ha implicado re-diseño de interfaces en todos los módulos .

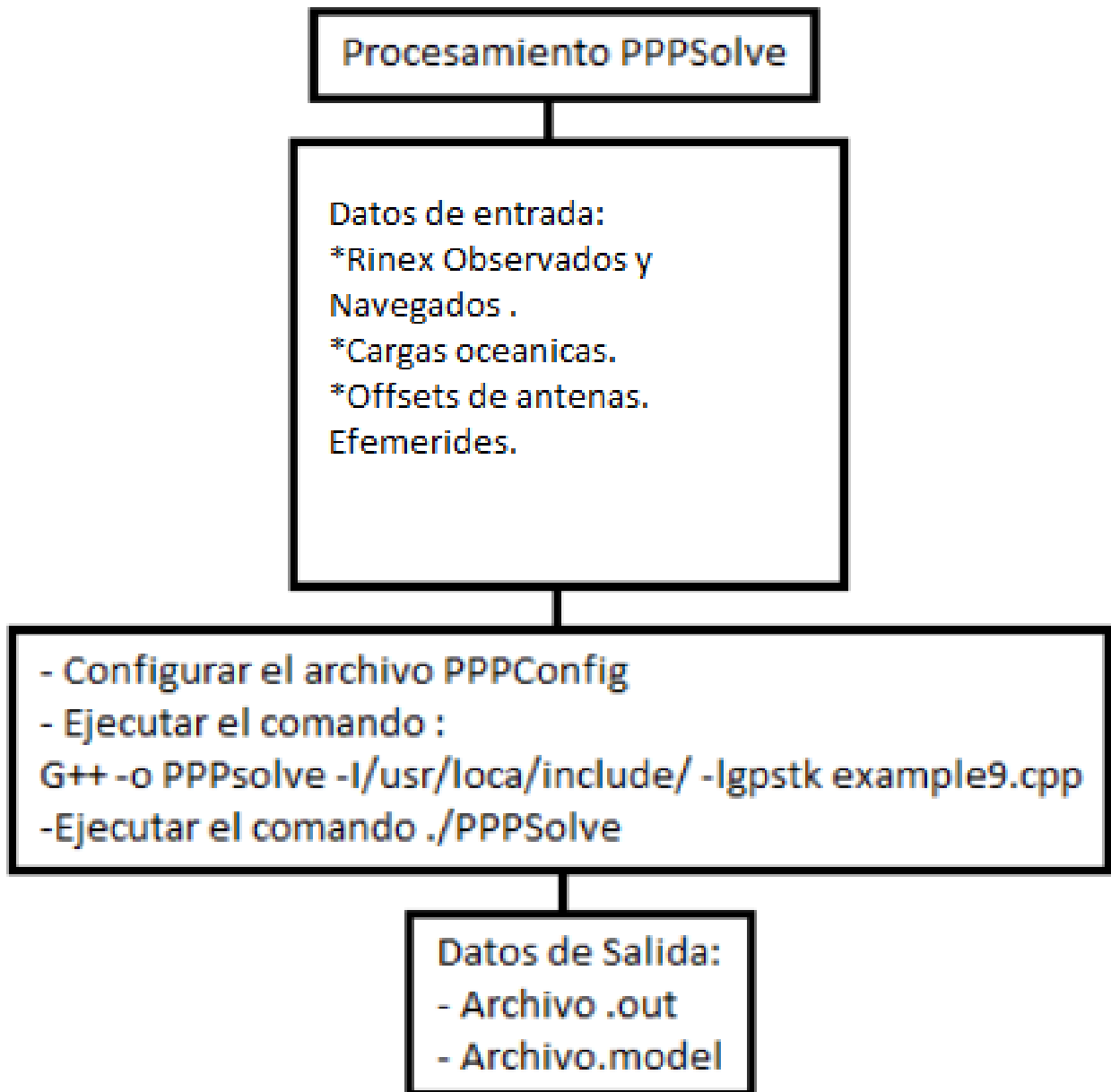
subsection

1.4. Procesamiento GPSTK

Este es un procesamiento de punto preciso (ppp) el cual se corrige a partir de introducir la corrección de los errores ionosfericos y troposfericos, mediante la herramienta **PRsolve** de GPStk con la ayuda h"se procede a ingresar los modelos troposfericos y ionosfericos que

están por defecto en el software de esta forma posteriormente se ingresan los datos observados y navegados de cada estación a su vez se ingresan los modelos y las efemerides.

“Este programa muestra como usar la estructura de datos GNSS (GSD) y otras clases para construir una aplicación completa que calcule ‘Precise Point Positioning’ (PPP)” (Kouba and Heroux, 2009). Luego de la compilación se genera una ejecutable, el cual al correr mediante la terminal llama el documento pppconf.txt. Dentro de este documento se configura el archivo RINEX de datos observados, las efemerides, los parámetros de antena, el desplazamiento del polo, y una posición inicial aproximada.



En primera instancia se crea un directorio en el cual se guardarán todos los datos a utilizar para realizar el procesamiento, algunos de estos son los rinex del punto tanto los observados como los navegados, las efemerides precisas para el día anterior, el día de toma y el día después de la obtención de los resultados, las cargas oceánicas para ese día al igual que

los desplazamientos del polo, el fichero de example9.cpp y el compilado de PPPSolve.

Posteriormente se debe realizar la configuración del pppconf.txt para esto se debe tener los diferentes insumos a la mano dado que estos proporcionan la información con la cual se modificaría este fichero. A modo de ejemplo se puede evidenciar el proceso con la imagen anterior, en esta se ve claramente los datos suministrados para realizar el procesamiento, como el día GNSS, el rinex observado, el nombre del punto, las diferentes efemérides, los desplazamientos del polo y la posición relativa del punto de interés. Después es necesario determinar los nombres de los ficheros de salida así:

```
textwidthtextwidth
```

Como se puede observar se genera un archivo .out y model los cuales tendrán los resultados del procesamiento. Posteriormente se debe ejecutar la instrucción: Esta instrucción permitiría crear el archivo de PPPSolve con el cual se podría ejecutar el comando para el procesamiento. Sin embargo, al ejecutarlo vemos que existe un error el cual no permite la obtención de los resultados y la creación de los archivos de salida. Para el caso se evidenciaría el proceso en consola: Este error se producida cada vez que se ejecutaba el comando por lo cual fue necesario copiar nuevamente el fichero de pppconfi.txt den

```
enrique@Debian8:~/Documentos/Procesamiento/PPPSolve$ g++ -o PPPSolve -I/usr/local/include/ -lgpstk example9.cpp
```

El siguiente comando se utiliza para realizar la ejecucion en consola PPPSolve.

```
enrique@Debian8:~$ ls
Descargas  Escritorio  Música      Público
Documentos Imágenes   Plantillas  Videos
enrique@Debian8:~$ cd Documentos/Procesamiento/PPPSolve
enrique@Debian8:~/Documentos/Procesamiento/PPPSolve$ ls
0927BA1A.13g  example9.cpp  igs17595.sp3  New0927BA1A.model  PPPSolve
0927BA1A.13n  igs08.atx    igs17596.sp3  OCEA-FES94_1.dat
0927BA1A.13o  igs17594.sp3  New0927BA1A.13o.out  pppconf.txt
enrique@Debian8:~/Documentos/Procesamiento/PPPSolve$ g++ -o PPPSolve -I/usr/local/include/ -lgpstk example9.cpp
enrique@Debian8:~/Documentos/Procesamiento/PPPSolve$ ./PPPSolve
Problem opening default configuration file 'pppconf.txt'
Maybe it doesn't exist or you don't have proper read permissions. Try providing
a configuration file with option '-c':
```

Otro de la carpeta y modificarlo nuevamente con los parámetros de nuestro procesa-

miento. Como el error persistía se modificó el rinex con la finalidad de eliminar todo espacio vacío y eliminar los satélites de la constelación de Glonass los cuales no eran de interés para el procesamiento. Para este caso se usó la herramienta de RinEdit que trae por defecto.

```
enrique@Debian8:~/Documentos/Procesamiento/PPPSolve$ RinEdit --IF 0927BA1A.13o -
-DS R --OF New0927BA1A.13o
# RinEdit, part of the GPS Toolkit, Ver 2.2, Run 2018/06/06 14:43:32
Reading header...
Reading observations...
Opened output file New0927BA1A.13o at time 2013/09/27 12:03:47 = 1759 475427.00
0 GPS
```

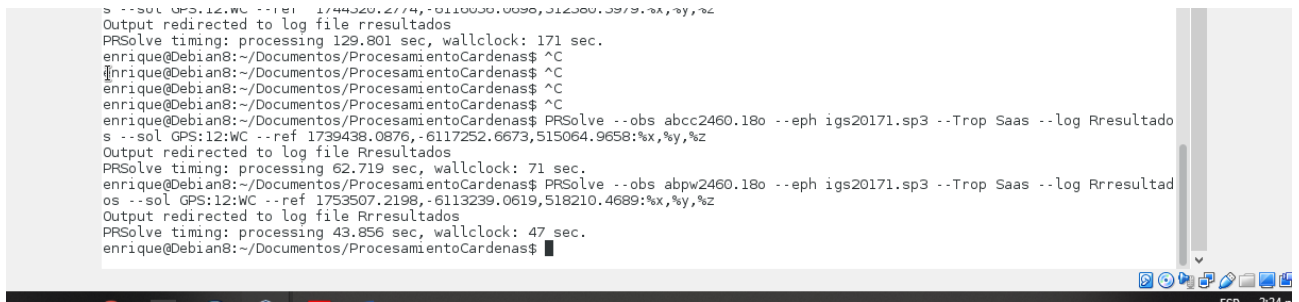
Esta herramienta permite generar los nuevos rinex corregidos, estos fueron ingresados en la carpeta de trabajo y se tomaron como insumo para la configuración del pppconf.txt sin embargo al realizar el procesamiento se generaban los ficheros .out y model pero se encontraban vacíos.

1.5. Resultados

Las siguientes imagenes que se veran a continuacion indican los los parametros con los que se hizo el procesamiento, lo que tardo en procesar, de igual forma muestra cuantas iteraciones realizo y al final muestra las coordenadas.

```
enrique@Debian8:~$ ls
Descargas Documentos Escritorio Imágenes Música Plantillas Público Videos
enrique@Debian8:~$ cd Documentos
enrique@Debian8:~/Documentos$ ls
2014 Datos_Clase-20180419T235132Z-001.zip gpstk-2.5.src.tar.gz Procesamiento Procesamiento.tar.gz
Cardenas example9.cpp pppconf.txt ProcesamientoCardenas
Datos_Clase gpstk-2.5.src PPPSolve ProcesamientoClase
enrique@Debian8:~/Documentos$ cd ProcesamientoCardenas
enrique@Debian8:~/Documentos/ProcesamientoCardenas$ ls
abcc2460.18o abpw2460.18o BOGA2460.18o igs20170.sp3 igs20171.sp3 igs20172.sp3
enrique@Debian8:~/Documentos/ProcesamientoCardenas$ PRSolve --obs
abcc2460.18o abpw2460.18o BOGA2460.18o igs20170.sp3 igs20171.sp3 igs20172.sp3
enrique@Debian8:~/Documentos/ProcesamientoCardenas$ PRSolve --obs
abcc2460.18o abpw2460.18o BOGA2460.18o igs20170.sp3 igs20171.sp3 igs20172.sp3
enrique@Debian8:~/Documentos/ProcesamientoCardenas$ PRSolve --obs BOGA2460.18o --eph igs20171.sp3 --Trop Saas --log Resultados
--sol GPS:12;WC --ref 1744520.2774 -6116056.0698 512580.5979:%x,%y,%z
Output redirected to log file Resultados
Violación de segmento
bash: WC: no se encontró la orden
enrique@Debian8:~/Documentos/ProcesamientoCardenas$ PRSolve --obs BOGA2460.18o --eph igs20171.sp3 --Trop Saas --log Resultados
--sol GPS:12;WC --ref 1744520.2774 -6116056.0698 512580.5979:%x,%y,%z
Output redirected to log file Resultados
enrique@Debian8:~/Documentos/ProcesamientoCardenas$ PRSolve --obs BOGA2460.18o --eph igs20171.sp3 --Trop Saas --log resultados
--sol GPS:12;WC --ref 1744520.2774 -6116056.0698 512580.5979:%x,%y,%z
Output redirected to log file resultados
enrique@Debian8:~/Documentos/ProcesamientoCardenas$ PRSolve --obs BOGA2460.18o --eph igs20171.sp3 --Trop Saas --log resultados
--sol GPS:12;WC --ref 1744520.2774, -6116056.0698, 512580.5979:%x,%y,%z
Output redirected to log file resultados
enrique@Debian8:~/Documentos/ProcesamientoCardenas$ PRSolve --obs BOGA2460.18o --eph igs20171.sp3 --Trop Saas --log rresultado
s --sol GPS:12;WC --ref 1744520.2774, -6116056.0698, 512580.5979:%x,%y,%z
Output redirected to log file rresultados
PRSolve timing: processing 129.801 sec, wallclock: 171 sec.
enrique@Debian8:~/Documentos/ProcesamientoCardenas$ ^C
```

Obtencion de coordenadas para un punto X,Y,Z.



```
S --sol GPS:12:WC --ref 1744320.2774,-6110030.0090,512300.3979.8A,%y,%z
Output redirected to log file rresultados
PRsolve timing: processing 129.801 sec, wallclock: 171 sec.
enrique@Debian8:~/Documentos/ProcesamientoCardenas$ ^C
enrique@Debian8:~/Documentos/ProcesamientoCardenas$ ^C
enrique@Debian8:~/Documentos/ProcesamientoCardenas$ ^C
enrique@Debian8:~/Documentos/ProcesamientoCardenas$ PRsolve --obs abcc2460.18o --eph igs20171.sp3 --Trop Saas --log Rresultado
s --sol GPS:12:WC --ref 1739438.0876,-6117252.6673,515064.9658:%x,%y,%z
Output redirected to log file Rresultados
PRsolve timing: processing 62.719 sec, wallclock: 71 sec.
enrique@Debian8:~/Documentos/ProcesamientoCardenas$ PRsolve --obs abpw2460.18o --eph igs20171.sp3 --Trop Saas --log Rrresultad
os --sol GPS:12:WC --ref 1753507.2198,-6113239.0619,518210.4689:%x,%y,%z
Output redirected to log file Rrresultados
PRsolve timing: processing 43.856 sec, wallclock: 47 sec.
enrique@Debian8:~/Documentos/ProcesamientoCardenas$
```

1.6. Conclusiones

GPStk es un software complejo de manejar ya que se encuentra en el sistema operativo "Linux" lo cual hace mas complejo su interacción debido a que para manipularlo es necesario saber programar, este trabajo fue un reto se nos dificulto mucho debido a las razones anteriormente dichas, pero despues de todo cabe aclarar que los resultados son mas precisos, se trabaja de manera mas rapida y eficaz y que tanto estudiantes como docentes deberiamos esforzarnos por aprender mas de esta buena herramienta operativa.

Bibliografía

- [1] Soulat, E. F. (2006). Teledetección con GNSS-R desde la costa al espacio. Revista de Teledetección. 2006. Número Especial: 153-157, 5

- [2] Phinney, R. A., Anderson, D. L. (1968). On the radio occultation method for studying planetary atmospheres. Journal of Geophysical Research, 73(5), 1819-1827.

- [3] Acuña, G. (2008). Introducción al Posicionamiento GPS de Punto Preciso (PPP): Fundamentos Teóricos. Trabajo de Ascenso para optar a la categoría de Profesor Asociado. Escuela de Ingeniería Geodésica de la Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

- [4] Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., Wasle, E. (2007). GNSS global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more. Springer.